

**ANALISIS NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* DAN  
INTENSITAS GEMPA MENGGUNAKAN METODE HVS  
DI UIN WALISONGO SEMARANG**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
dalam Ilmu Fisika



Oleh :

**SOFATIS SAADA AGUSTINA**

NIM : 1508026022

**FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Sofatis Saada Agustina

NIM : 1508026022

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**ANALISIS NILAI *PEAK GROUND ACCELERATION* DAN  
INTENSITAS GEMPA MENGGUNAKAN METODE HVS  
DI UIN WALISONGO SEMARANG**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 8 Oktober 2019  
Pembuat Pernyataan



**Sofatis Saada Agustina**  
NIM. 1508026022



**KEMENTERIAN AGAMA R.I.**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp: 024-7601295 Fax. 7615387

**PENGESAHAN**

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Analisis Nilai *Peak Groumd Acceleration* dan Intensitas Gempa Menggunakan Metode HVSR di UIN Walisongo Semarang**

Penulis : Sofatis Saada Agustina

NIM : 1508026022

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu Fisika.

Semarang, 15 Oktober 2019

**DEWAN PENGUJI**

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,

Andi Fadlan, M. Sc.

NIP.198009152005011006

Penguji I,

Agus Sudarmanto, M. Si.

NIP.197708232009121001

Penguji II,

Edi Daenuri Anwar, M.Sc.

NIP.197907262009121002

Pembimbing I,

Drs. H. Jasuri, M. SI.

NIP.196710141994031005

Pembimbing II,

Andi Fadlan, M. Sc.

NIP.198009152005011006

Sheilla Rully Anggita, M. Si.

NIP.199005052019032017

## NOTA DINAS

Semarang, 08 Oktober 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang  
di Semarang

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* dan Intensitas Gempa Menggunakan Metode HVSR di UIN Walisongo Semarang**  
Nama : Sofatis Saada Agustina  
NIM : 1508026022  
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang *Munaqasyah*.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Pembimbing I,



**Andi Fadllan, M.Sc.**

NIP.198009152005011006

## NOTA DINAS

Semarang, 08 Oktober 2019

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang  
di Semarang

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* dan Intensitas Gempa Menggunakan Metode HVSr di UIN Walisongo Semarang**  
Nama : Sofatis Saada Agustina  
NIM : 1508026022  
Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang *Munaqasyah*.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Pembimbing II,



**Sheilla Rully Anggita, M.Si.**  
NIP.199005052019032017

## ABSTRAK

Kota Semarang tercatat sebagai daerah yang pernah mengalami gempa bumi dengan kekuatan berkisar 5 SR dan intensitas VII-VIII MMI pada tahun 1856. Ngaliyan merupakan salah satu kecamatan di Kota Semarang yang memiliki kondisi geologi sebagian berupa perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil. Apabila terjadi pergerakan tanah yang cepat di daerah tersebut, maka dimungkinkan akan terjadi longsor. Hal tersebut yang menjadi dasar dilakukan penelitian tentang Analisis nilai *Peak Ground Acceleration* dan Intensitas Gempa di UIN Walisongo Semarang untuk sumber informasi dalam mitigasi bencana gempa bumi. Penelitian ini dilakukan di UIN Walisongo sebagai sampel lokasi di Ngaliyan. Pengambilan data menggunakan mikrotremor di area kampus I dengan jarak antartitik 50 m, di area kampus II dengan jarak antartitik 100 m, di area Kampus III dengan jarak antartitik 100 m. Analisis PGA dan intensitas gempa dilakukan dengan menggunakan metode HVSR. Data yang diperoleh berupa nilai amplifikasi dan nilai frekuensi natural. Nilai frekuensi natural digunakan dalam perhitungan nilai PGA dan nilai PGA digunakan untuk mengetahui nilai intensitas gempa. Nilai PGA di Kampus I UIN Walisongo Semarang berkisar antara 60,8360 gal sampai dengan 286,6624 gal, di Kampus II berkisar antara 141,9165 gal sampai dengan 221,0283 gal, dan di Kampus III berkisar antara 135,0888 gal sampai dengan 292,8870 gal. Intensitas gempa di Kampus I UIN Walisongo Semarang berkisar antara VII-IX MMI, di Kampus II berkisar VIII MMI, dan di Kampus III berkisar antara VIII-IX MMI. Berdasarkan data yang diperoleh nilai PGA dan intensitas di UIN Walisongo Semarang termasuk pada tingkat resiko sedang hingga besar.

**Kata Kunci:** PGA, Intensitas Gempa, HVSR

## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten agar sesuai teks Arabnya.

ا	a	ط	ṭ
ب	b	ظ	ẓ
ت	t	ع	‘
ث	ṣ	غ	Gh
ج	j	ف	F
ح	ḥ	ق	Q
خ	kh	ك	K
د	d	ل	L
ذ	ẓ	م	M
ر	r	ن	N
ز	z	و	W
س	s	ه	H
ش	sy	ء	’
ص	ṣ	ي	Y
ض	ḍ		

### Bacaan Madd:

ā = a panjang

ī = i panjang

ū = u panjang

### Bacaan Diftong:

au = اَوْ

ai = اَيَّ

iy = اِيَّ

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat terselesaikan. Penyusunan skripsi dengan judul “Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* dan Intensitas Gempa Menggunakan Metode HVSR di UIN Walisongo Semarang” dimaksudkan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo

Penulis menyadari bahwa skripsi tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo.
2. Agus Sudarmanto, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo.
3. Andi Fadllan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi.



4. Sheilla Rully Anggita, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
5. Widyastuti, S.Pd., selaku Kepala laboratorium Fisika yang telah memberikan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.
6. Keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan restu kepada penulis.
7. Teman-teman Program Studi Fisika 2015 yang telah memberi semangat dan mengisi hari-hari penulis.
8. Teman seperjuangan yang telah bersedia menjadi teman diskusi selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna dan masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Semarang, 27 September 2019  
Penulis,



**Sofatis Saada Agustina**  
NIM. 1508026022

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I:           PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Peumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	9
D. Manfaat Penelitian.....	9
<b>BAB II:         TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Kajian Pustaka.....	10
B. Kerangka Berpikir.....	40
C. Rumusan Hipotesis.....	42
<b>BAB III:       METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian.....	43
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	43
C. Variabel Penelitian.....	45
D. Instrumen Penelitian.....	45
E. Prosedur Penelitian.....	46
F. Diagram Alir Penelitian.....	52
<b>BAB IV:       HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil.....	53
B. Analisis Data.....	55
C. Pembahasan.....	59
<b>Bab V:         PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	70
B. Saran.....	71

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Skala Nilai Intensitas Gempa Berdasarkan Dampak dan Percepatan Tanah Maksimum	36
Tabel 2.2	Tingkat resiko gempabumi berdasarkan nilai percepatan gataran tanah maksimum dan intensitas	40
Tabel 4.1	Data Mikrotremor Area Kampus I UIN Walisongo Semarang	53
Tabel 4.2	Data Mikrotremor Area Kampus II UIN Walisongo Semarang	54
Tabel 4.3	Data Mikrotremor Area Kampus III UIN Walisongo Semarang	55
Tabel 4.4	Nilai PGA Area Kampus I UIN Walisongo Semarang	58
Tabel 4.5	Nilai PGA Area Kampus II UIN Walisongo Semarang	58
Tabel 4.6	Nilai PGA Area Kampus III UIN Walisongo Semarang	59

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1	Peta Sesar Aktif di Jawa dalam Peta Gempa	2
Gambar 2.1	(a) Gelombang Primer dan (b) Gelombang Sekunder	14
Gambar 2.2	(a) Gelombang <i>Rayleigh</i> dan (b) Gelombang <i>Love</i>	18
Gambar 2.3	Model Cekungan Berisi Material Sedimen Halus	30
Gambar 3.1	Daerah Penelitian	48
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 4.1	Kurva H/V pada Titik T2.1	56
Gambar 4.2	Peta Persebaran PGA Area Kampus I UIN Walisongo Semarang	61
Gambar 4.3	Peta Persebaran PGA Area Kampus II UIN Walisongo Semarang	62
Gambar 4.4	Peta Persebaran PGA Area Kampus III UIN Walisongo Semarang	63



# **BAB I**

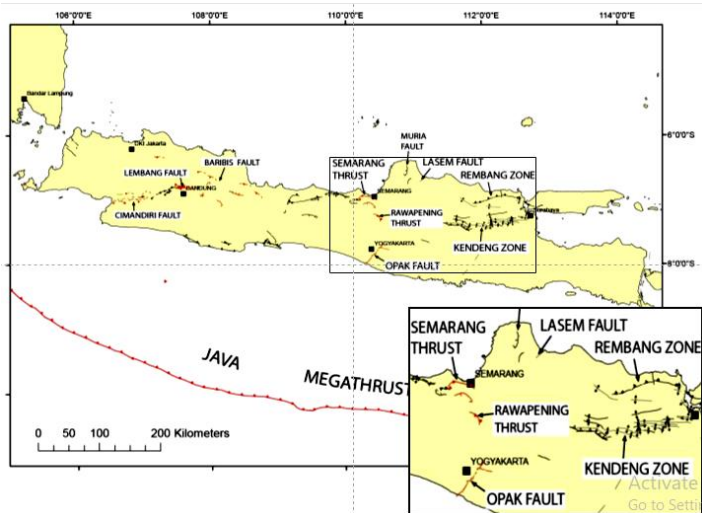
## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi besar mengalami gempa bumi. Gempa bumi dinyatakan sebagai guncangan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi kulit bumi secara tiba-tiba. Bencana tersebut sering terjadi di Indonesia karena letak Indonesia berada pada zona pertemuan antara tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik (Dialosa *et al.*, 2017). Selain itu, negara tersebut juga banyak dilalui sesar-sesar aktif. Sesar tersebut terletak di dekat zona subduksi atau zona seismik. Zona subduksi bisa disebut sebagai wilayah yang rawan terhadap gempa bumi (Bock, 2003).

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa pada periode April 2009 hingga Juli 2016 terjadi  $\pm 40.000$  gempa dengan rentang magnitudo M1,4 hingga M8,5 (PUSGEN, 2017). Bencana tersebut terjadi hampir di seluruh wilayah Indonesia. Gempa bumi di Pulau Jawa terjadi di daerah selatan dan utara dengan pusat gempa

berada di kedalaman kurang dari 100 km hingga 300 km di bawah permukaan laut (Putra *et al.*, 2012).



Gambar 1.1. Peta Sesar Aktif di Jawa dalam Peta Gempa Nasional (PUSGEN, 2017).

Sumber gempa yang ditemukan di Pulau Jawa lebih banyak berasal dari sesar aktif. Secara umum struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh sesar geser, sesar naik, dan sesar turun sebagai struktur minor. Beberapa sesar utama di Jawa antara lain Sesar Cimandiri (Kartili dan Soetadi, 1971; Dardji dkk., 1944; Setiadji, 1994, Supartoyo dkk., 2005), Sesar Lembang (Tija, 1968; Setiadji, 1997, Supartoyo dkk., 2005), dan Sesar Baribis-Citanduy (Kartili dan Soetadi, 1971; Setiadji, 1997, Supartoyo dkk., 2005). Di Jawa bagian tengah dan timur,



struktur yang terlihat dominan adalah struktur sesar naik (zona Sesar Kendeng dan Semarang), sedangkan di bagian timur Jawa diwakili oleh sistem patahan turun (Sesar Pasuruan, Probolinggo, dan Baluran). Selain berdasarkan kompilasi hasil-hasil penelitian yang sudah ada, sumber-sumber gempa baru juga ditemukan dalam penyusunan peta gempa nasional. Peta Sesar Aktif di Jawa ditunjukkan pada Gambar 1.1 (PUSGEN, 2017).

Sesar-sesar aktif yang dapat memberikan pengaruh cukup besar bagi kota Semarang, yaitu Sesar Opak (Yogyakarta), Sesar Lasem, Sesar Pati, dan Sesar Kaligarang (Partono *et al.*, 2015; Poedjoprajitno, *et al.*, 2008). Sesar Kendeng juga dapat memberikan pengaruh bagi Kota Semarang. Berdasarkan peta seismotektonik, Sesar Opak berada di daerah Yogyakarta menerus dari Selatan ke Utara Yogyakarta tepatnya di daerah Bantul, sedangkan Sesar Lasem dan Sesar Pati berada di daerah Jepara dan Pati menerus dari timur laut ke barat daya menuju ke Kota Semarang (Soehami *et al.*, 2006). Sesar Kendeng memanjang mengarah barat timur dari Jawa Tengah hingga bagian barat Jawa Timur termasuk Tegal (PUSGEN, 2017). Apabila salah satu sesar tersebut mengalami pergeseran, maka akan memengaruhi

pergeseran sesar lain yang dapat menimbulkan gempabumi.

Kota Semarang dengan luas wilayah 373,7 km<sup>2</sup> mempunyai daerah rawan gempa yang cukup tinggi (PVMBG, 2010). Kota Semarang pernah diguncang gempa pada tahun 1856 dengan kekuatan 5 SR dan intensitas VII-VIII MMI (Soetardjo, *et al.*, 1985). Berdasarkan hasil penelitian Windraswara dan Widowati (2010), Ngaliyan adalah salah satu kecamatan di Kota Semarang yang memiliki kondisi geologi sebagian berupa perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil. Apabila terjadi gempa yang cukup besar di daerah perbukitan akan berdampak pada pergerakan tanah, sehingga dapat menyebabkan longsor (Sulistiawan, 2016). Selain kondisi geologi lokal, dampak yang terjadi akibat gempabumi juga dipengaruhi oleh jarak dari sumber gempa, ukuran zona patahan, energi yang dilepaskan batuan, dan intensitas gempa (Nakamura, 2000). Salah satu lokasi dari wilayah Ngaliyan yang dapat dijadikan objek penelitian adalah UIN Walisongo Semarang yang terdiri dari tiga area, yaitu Kampus I, Kampus II, dan Kampus III.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui dampak gempabumi pada suatu daerah adalah nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan intensitas gempa. Menurut

Kanai dan Tanaka (1961) PGA merupakan nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi. Nilai PGA sebanding dengan nilai intensitas gempa. Semakin tinggi nilai PGA, maka semakin tinggi nilai intensitas gempa. Intensitas gempa menyatakan kekuatan gempa yang dirasakan di suatu tempat. Nilai intensitas dapat diketahui dari nilai percepatan tanah maksimum. Nilai percepatan tanah maksimum dapat diketahui dengan metode mikroseismik (Nakamura, 1989). Mikroseismik merupakan metode geofisika yang biasa digunakan untuk survei pendahuluan eksplorasi minyak bumi, panas bumi, monitoring atau pemantauan aktivitas gunung api dan dapat juga digunakan untuk mendeteksi ketidakstabilan lapisan batuan dengan memanfaatkan getaran kecil dari gelombang seismik yang merambat melalui lapisan batuan (Blake *et al.*, 1974). Percepatan tanah maksimum di suatu tempat disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah di tempat tersebut.

Metode mikroseismik termasuk metode pasif, sehingga tidak membutuhkan sumber getaran dalam pengambilan data. Hal ini berbeda dengan metode seismik

aktif yang membutuhkan sumber getaran. Mikroseismik merupakan metode yang relatif murah dan ramah lingkungan, karena memanfaatkan vibrasi lemah di dalam bumi yang berlangsung terus menerus akibat adanya sumber getar seperti gempa mikro, aktivitas manusia, industri dan lalu lintas (Adib *et al.*, 2014; Clapood *et al.*, 2011). Prinsip kerja dari metode mikroseismik sama dengan metode seismik dimana sinyal dalam domain waktu yang diketahui untuk menghasilkan gelombang seismik yang menempuh lapisan bawah permukaan direfleksikan atau direfraksikan kembali ke permukaan dimana sinyal dapat dideteksi (Reynolds, 1997).

Metode mikroseismik yang digunakan dalam seismik pasif (mikrotremor) untuk menghitung rasio spektrum sinyal mikrotremor dari komponen horisontal terhadap komponen vertikalnya adalah metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) (Saka, 2018). HVSr yang terukur pada tanah bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural, dan amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Herak, 2008).

Nilai amplifikasi dan frekuensi natural merupakan parameter penting yang dihasilkan dari metode tersebut. Amplifikasi merupakan suatu penguatan atau perbesaran

gelombang tanah yang terjadi akibat perubahan yang signifikan antarlapisan dengan kata lain nilai amplifikasi mengalami perbesaran jika merambat dari satu medium ke medium lain yang lebih lunak. Semakin signifikan perubahan antarlapisan, maka semakin besar nilai amplifikasinya (Putri, Purwanto, & Widodo, 2017). Frekuensi natural merupakan nilai frekuensi yang sering muncul pada daerah penelitian dan berfungsi untuk menggambarkan lapisan bawah permukaan tanah. Nilai frekuensi natural yang dihasilkan dari metode HVSR digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum (PGA).

Hafid (2017) melakukan penelitian tentang Percepatan Tanah Berdasarkan Data Mikroseismik Wisata Bantir Sumowono Semarang. Hasil penelitian tersebut berupa peta frekuensi natural, peta amplifikasi, peta kerentanan gempa dan peta PGA di Daerah Sumowono, Semarang yang menunjukkan bahwa nilai Kerentanan gempa dan nilai PGA rendah. Menurut Wibowo (2016) analisis nilai PGA dan intensitas gempa dapat merepresentasikan tingkat kerusakan sebagai dampak adanya gempabumi di suatu wilayah. Prabowo *et al.* (2018) melakukan penelitian tentang analisis percepatan getaran tanah maksimum di Kabupaten Pemalang, Jawa

Tengah untuk memetakan resiko bencana gempabumi. Hasil penelitian tersebut berupa peta sebaran episenter dan magnitudo data gempabumi. Selain itu, juga berupa peta percepatan getaran tanah maksimum Kabupaten Pemalang yang menunjukkan bahwa nilai PGA rendah, sehingga tingkat resiko gempabumi rendah.

Analisis nilai PGA dan intensitas gempa sangat penting guna memberikan gambaran umum mengenai resiko gempa, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber informasi dalam mitigasi bencana gempabumi di suatu daerah khususnya area UIN Walisongo Semarang. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian di UIN Walisongo Semarang dengan judul “Analisis Nilai *Peak Ground Acceleration* dan Intensitas Gempa Menggunakan Metode HVSR di UIN Walisongo Semarang”.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai *Peak Ground Acceleration* di UIN Walisongo Semarang?
2. Berapa intensitas gempa di UIN Walisongo Semarang?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui nilai *Peak Ground Acceleration* di UIN Walisongo Semarang.
2. Mengetahui intensitas gempa di UIN Walisongo Semarang.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk memberikan informasi tentang nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan intensitas gempa.
2. Sebagai sumber informasi dalam mitigasi bencana gempabumi di UIN Walisongo Semarang.
3. Data hasil penelitian dapat dijadikan acuan atau referensi dalam pembuatan peta rawan gempa dan pengembangan kawasan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Pustaka**

##### **1. Gelombang Seismik**

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi disebabkan adanya deformasi struktur, tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan kerak bumi. Gelombang ini membawa energi kemudian menjalarkan ke segala arah di seluruh bagian bumi (Siswowidjoyo, 1996). Berdasarkan medium perambatannya, gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu gelombang yang merambat melalui interior bumi yang disebut *body wave* atau gelombang badan dan gelombang yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut *surface wave* atau gelombang permukaan (Telford *et al.*, 1976)

##### **a. Gelombang Badan**

Gelombang badan menjalar melalui interior bumi dan memiliki efek kerusakan yang cukup kecil. Gelombang badan dibagi menjadi



dua, yaitu gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S):

#### 1) Gelombang Primer (P)

Gelombang primer (P) adalah salah satu gelombang badan yang memiliki gerak partikel searah dengan arah rambat gelombangnya (longitudinal), seperti yang terlihat pada Gambar 2. Gelombang ini terjadi karena adanya tekanan. Gelombang primer dapat menjalar pada semua medium baik padat, cair, maupun gas (Braile, 2006).

Karena memiliki kecepatan tinggi gelombang ini memiliki waktu tiba lebih cepat daripada gelombang sekunder. Kecepatan gelombang primer ( $v_p$ ), yaitu  $\pm 5 - 7$  km/s di kerak bumi,  $> 8$  km/s di dalam mantel dan inti bumi,  $\pm 1,5$  km/s di dalam air, dan  $\pm 0,3$  km/s di udara (Hidayati, 2010).

Kecepatan penjaralan gelombang primer (P) dapat dikemukakan dengan persamaan (1) (Dentith *et al.*, 2014):

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (1)$$

dengan  $v_p$  adalah kecepatan gelombang primer (m/s),  $\lambda$  adalah konstanta Lamé (m),  $\mu$  adalah modulus geser (N/m<sup>2</sup>),  $\rho$  adalah densitas material yang dilalui gelombang (kg/m<sup>3</sup>) (Dentith *et al.*, 2014).

## 2) Gelombang Sekunder (S)

Gelombang sekunder (S) adalah salah satu gelombang badan yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambat gelombangnya, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Gelombang sekunder tidak dapat merambat pada fluida, sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi, sedangkan pada inti bumi bagian dalam dapat terdeteksi. Waktu penjalaran gelombang sekunder lebih lambat daripada gelombang primer. Waktu tibanya setelah gelombang primer (P). Kecepatan gelombang sekunder ( $v_s$ ), yaitu  $\pm 3 - 4$  km/s di kerak bumi,  $> 4,5$  km/s di dalam mantel bumi, dan  $2,5 - 3,0$  km/s di dalam inti bumi (Hidayati, 2010).

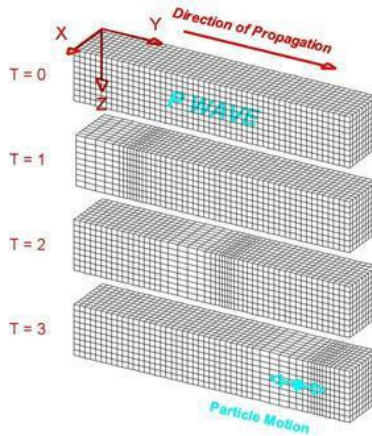
Kecepatan gelombang sekunder biasanya 60% sampai 70% dari kecepatan gelombang primer (P). Kecepatan gelombang sekunder dapat ditentukan dengan persamaan (2) (Dentith *et al.*, 2014):

$$v_s = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

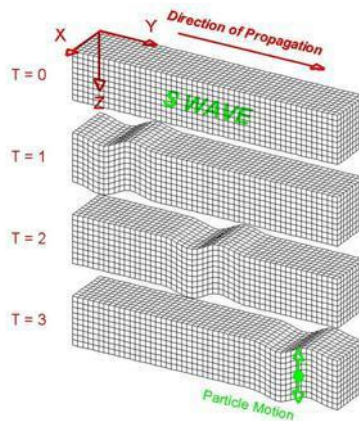
dengan  $v_s$  adalah kecepatan gelombang sekunder (m/s), adalah  $\mu$  modulus geser (N/m<sup>2</sup>), adalah  $\rho$  densitas material yang dilalui gelombang (kg/m<sup>3</sup>) (Dentith *et al.*, 2014).

Gelombang sekunder (S) terdiri dari dua komponen, yaitu gelombang sekunder vertikal (SV) dan gelombang sekunder horisontal (SH) (Braile, 2006). Gelombang sekunder horisontal (SH) adalah gelombang sekunder (S) yang gerakan partikelnya horisontal, sedangkan gelombang sekunder vertikal (SV) adalah gelombang sekunder (S) yang gerakan partikelnya terpolarisasi pada bidang vertikal. Gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S) dalam ilmu kegempaan digunakan untuk menentukan posisi episenter gempa. Amplitudo

gelombang primer (P) juga digunakan dalam perhitungan magnitudo gempa (Braile, 2006).



(a)



(b)

Gambar 2.1. (a) Gelombang Primer (P) dan (b) Gelombang Sekunder (S) (Braile, 2006).

b. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan dapat diibaratkan seperti gelombang air yang menjalar di atas permukaan bumi. Waktu penjalaran gelombang permukaan lebih lambat daripada gelombang badan. Hal ini disebabkan oleh gelombang tersebut memiliki frekuensi yang rendah, gelombang permukaan lebih berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan daripada gelombang badan. Amplitudo gelombang permukaan akan mengecil dengan cepat terhadap kedalaman. Hal ini diakibatkan oleh adanya dispersi pada gelombang permukaan, yaitu penguraian gelombang berdasarkan panjang gelombangnya sepanjang perambatan gelombang (Hidayati, 2010). Ada dua jenis gelombang permukaan, yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*:

1) Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *Rayleigh* diperkenalkan oleh Lord Rayleigh pada tahun 1885. Gelombang *Rayleigh* merambat pada permukaan bebas medium berlapis maupun

homogen. Gelombang *Rayleigh* merupakan jenis gelombang permukaan yang memiliki kecepatan ( $v_R$ ) sebesar  $\pm 2,0 - 4,2$  km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah bidang datar (Hidayati, 2010).

Gerakan dari gelombang *Rayleigh* adalah *elliptic retrograde* atau *ground roll* seperti pada Gambar 3. *Elliptic retrograde* atau *ground roll* yaitu tanah memutar ke belakang tetapi secara umum gelombang memutar ke depan. Pada saat terjadi gempabumi besar, gelombang *Rayleigh* terlihat pada permukaan tanah yang bergerak ke atas dan ke bawah. Waktu perambatan gelombang *Rayleigh* lebih lambat daripada gelombang *Love*.

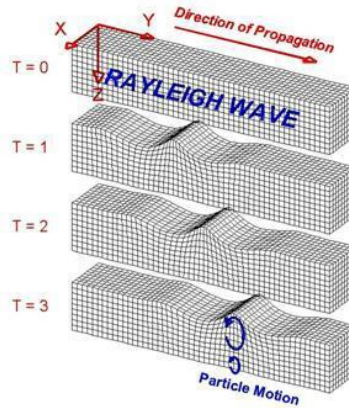
Terbentuknya gelombang *Rayleigh* adalah karena adanya interaksi antara bidang gelombang sekunder vertikal (SV) dan primer (P) pada permukaan bebas yang kemudian merambat secara paralel terhadap permukaan. Gerakan partikel gelombang *Rayleigh* adalah vertikal,

sehingga gelombang *Rayleigh* hanya ditemukan pada komponen vertikal seismogram. Gelombang *Rayleigh* adalah gelombang permukaan, maka sumber yang lebih dekat ke permukaan akan menimbulkan gelombang *Rayleigh* yang lebih kuat dibandingkan sumber yang terletak di dalam bumi (Lay & Wallace, 1995).

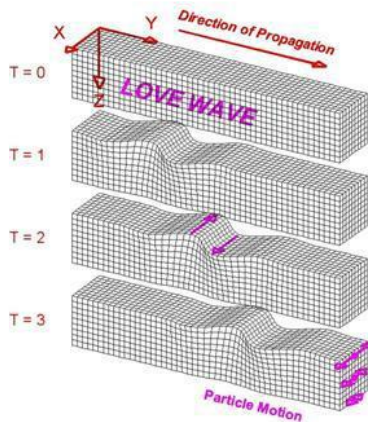
## 2) Gelombang *Love*

Gelombang *Love* diperkenalkan oleh A.E.H *Love*, seorang ahli matematika dari Inggris pada tahun 1911. Gelombang *Love* merambat pada permukaan bebas medium berlapis dengan gerakan partikel seperti gelombang sekunder horisontal (SH). Gelombang *Love* adalah gelombang permukaan yang menyebabkan tanah mengalami pergeseran kearah horisontal seperti pada Gambar 3. Gelombang ini merupakan gelombang yang arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjalarannya. Gelombang *Love*

merupakan gelombang transversal, kecepatan gelombang ini di permukaan bumi ( $v_L$ ) adalah  $\pm 2,0 - 4,4$  km/s (Hidayati, 2010).



(a)



(b)

Gambar 2. 2. (a) Gelombang Rayleigh (R) dan (b) Gelombang Love (L) (Braile, 2006).



## 2. Gempabumi

Gempabumi adalah pergerakan permukaan bumi secara tiba-tiba yang diakibatkan oleh aktivitas gunung berapi atau pergeseran lempeng tektonik.

### a. Penyebab Terjadinya Gempa

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Indonesia dilalui oleh tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik (Dialosa *et al.*, 2017). Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung di atas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Ada tiga kemungkinan pergerakan suatu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*divergen*), saling mendekati (*konvergen*) dan saling geser (*transform*) (Widodo, 2012).

Gerakan lempeng tektonik berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia, namun terukur sebesar 0-15 cm pertahun.

Kadang-kadang gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut, sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempabumi (Thomson, 2006). Konvergensi antarlempeng tersebut menghasilkan sejumlah zona tektonik aktif yang terdiri dari zona subduksi dan zona sesar aktif (Munir, 2006).

Al-Quran menjelaskan bumi beserta isinya termasuk fenomena gempabumi, seperti yang ditunjukkan pada QS. Al-Anbiya (21) : 31 dan QS. Al-Hadid (57):22 (Kementrian Agama RI, 1989), sebagai berikut:

وَجَعَلْنَا فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِهِمْ وَجَعَلْنَا فِيهَا فِجَاجًا  
سُبُلًا لَّعَلَّهُمْ يَهْتَدُونَ ﴿٣١﴾

*"Dan telah Kami jadikan di bumi ini gunung-gunung yang kokoh supaya bumi itu (tidak) guncang bersama mereka dan telah Kami jadikan (pula) di bumi itu jalan-jalan yang luas, agar mereka mendapat petunjuk."*

Tafsir Jalalain: (Dan telah Kami jadikan di bumi ini berpatok-patok) yakni gunung-gunung yang kokoh (supaya) tidak (guncang ia) yakni, bumi (bersana mereka dan telah Kami jadian pula padanya) di gunung-gunung itu (celah-celah) yang dapat ditempuh (sebagai jalan-jalan) lafal sebulan ini menjadi Badal dari lafal Fijajaan, artinya jalan-jalan yang luas dan dapat ditempuh (agar mereka mendapat petunjuk) untuk sampai pada tujuan-tujuan mereka dalam bepergian.

Tafsir QS. Al-Anbiyaa (21):31 oleh Kementrian Agama RI, ayat ini Allah menerangkan bahwa diciptakannya gunung-gunung yang kokoh supaya manusia dan semua makhluk tetap terpelihara dan terjaga dalam bumi yang putarannya cepat sekali. Ketika proses erosi terjadi maka seluruh material hasil erosi dihamparkan dan diendapkan pada tempat-tempat yang lebih rendah, bahkan mencapai wilayah-wilayah terendah seperti palung-palung. Kumpulan material akibat erosi selama jutaan tahun ini secara bersamaan dihipit oleh lempengan-lempengan yang terus bergerak dan lambat laun menghasilkan

pegunungan. Pada akhir ayat ini Allah menerangkan semua makhluk dapat dengan tenang menjalani kehidupan, berbagai jalan telah dibuat sehingga siang maupun malam manusia dapat berjalan menelusuri lembah maupun dataran tinggi. Semua itu diharapkan manusia dapat memperoleh petunjuk yang benar, yaitu dapat memahami petunjuk-petunjuk Allah baik yang diberikan. Firman Allah dalam QS. Al-Anbiya (57):22 (Kementrian Agama RI, 1989).

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ مِنْ قَبْلِ أَنْ  
نُزِّلَ أَهَآ إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ ﴿٢٢﴾

*“Tiada suatu bencana pun yang menimpa di bumi dan (tidak pula) pada dirimu sendiri melainkan telah tertulis dalam kitab (Lauhul Mahfuzh) sebelum Kami menciptakannya. Sesungguhnya yang demikian itu adalah mudah bagi Allah”*

Tafsir QS. Al-Hadid (57):22 oleh Kementrian Agama RI, ayat ini menerangkan bahwa semua bencana dan malapetaka yang menimpa permukaan bumi, seperti gempa bumi, banjir dan bencana alam yang lain serta bencana

yang menimpa manusia, seperti kecelakaan, penyakit dan sebagainya telah ditetapkan akan terjadi sebelumnya dan tertulis di Lauh Mahfudz, sebelum Allah menciptakan makhluk-Nya. Hal ini berarti tidak ada suatu pun yang terjadi di alam ini yang luput dari pengetahuan Allah dan tidak tertulis di Lauh Mahfudz (Kementrian Agama RI, 1989).

b. Parameter Sumber Gempa

Parameter sumber gempabumi merupakan hasil dari pengumpulan, pengolahan, dan analisis informasi seismik yang diperoleh dari kejadian gempabumi. Beberapa parameter sumber gempa, yaitu: (Tim Geofisika UGM, 2013).

1) Episenter

Episenter adalah titik sumber gempa yang diproyeksikan ke atas permukaan bumi. Metode untuk menentukan posisi episenter antara lain:

- a) Metode Hiperbola. Metode ini menggunakan data waktu tiba

gelombang primer (P) di tiga stasiun. Parameter yang dicari adalah kecepatan gelombang harus konstan dan sumbernya dianggap di permukaan (kedalamannya = 0).

- b) Metode Lingkaran. Metode ini menggunakan prinsip lingkaran untuk menentukan posisi episenter. Data yang digunakan adalah data waktu tiba dari tiga stasiun. Untuk kasus tiga stasiun maka jari-jari lingkaran dihitung untuk setiap stasiun, lalu dibuat lingkaran dengan pusat pada masing-masing stasiun dengan jari-jari lingkaran yang telah dihitung. Pada daerah yang dibatasi oleh perpotongan ketiga lingkaran maka ditarik ketiga garis dari titik-titik perpotongannya, sehingga diperoleh suatu segitiga. Perpotongan garis bagi ketiga sisi-sisi segitiga tersebut adalah episenter (Hidayati, 2010).
- c) Metode Galitzin. Metode ini memungkinkan penentuan posisi episenter hanya dengan menggunakan

data dari satu stasiun. Data yang digunakan adalah data amplitudo komponen horisontal (Utara-Selatan dan Timur-Barat) dan komponen vertikal serta selisih waktu tiba gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S).

- d) Metode Richter. Metode ini sangat kuantitatif karena menggunakan data waktu tiba gelombang primer (P) dari banyak stasiun.

## 2) Hiposenter

Hiposenter adalah kedalaman sumber gempa. Kedalaman gempa dibagi menjadi tiga, yaitu: Gempa dangkal merupakan gempa yang terjadi pada kedalaman kurang dari 60 km di bawah permukaan laut, gempabumi menengah merupakan gempa yang terjadi pada kedalaman 60 sampai dengan 100 km di bawah permukaan laut, dan gempa dalam merupakan gempa yang terjadi pada kedalaman lebih dari 100 km di bawah permukaan laut (Sulistiawan, 2016).

### 3) Magnitudo Gempa

Magnitudo atau kekuatan gempa adalah ukuran kekuatan gempabumi yang merepresentasikan besar energi yang terlepas ketika gempabumi terjadi. Charles F. Richter pada tahun 1930-an mengenalkan konsep magnitudo untuk kekuatan gempa di sumbernya dengan satuan skala Richter (Tim Geofisika UGM, 2013).

### 3. Metode Mikroseismik

Mikroseismik merupakan metode geofisika yang dapat menggambarkan percepatan getaran tanah maksimum (Nakamura, 1989). Nilai percepatan tanah maksimum bermanfaat untuk memprediksi dampak gempabumi di suatu daerah. Hasil pengukuran metode mikroseismik dapat menunjukkan sifat getaran dalam berbagai jenis lapisan tanah, periode dominan, dan pergeseran dari lapisan tanah yang diselidiki. Nilai percepatan tanah maksimum dapat diketahui dari nilai frekuensi natural yang dihasilkan dari metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).



a. *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*

Metode ini diusulkan oleh Nogoshi dan Iragarashi (1971), yang selanjutnya dikembangkan oleh Nakamura (1989, 2000, 2008). Nakamura (1989) menyampaikan bahwa metode HVSr yang diaplikasikan pada *ambient vibrations* dapat digunakan untuk memperkirakan frekuensi alami dan faktor amplifikasi. Penelitian *ambient vibrations* dengan menggunakan metode HVSr juga telah dilakukan oleh banyak peneliti seperti Kassaras dkk. (2008), Pando *et.al.* (2008), SESAME (2004) dan Rodrigues *et.al* (2000). Selain itu, dapat digunakan untuk mengestimasi dinamika aktivitas gunungapi. Metode HVSr digunakan dengan beberapa asumsi yaitu:

- 1) Mikrotremor sebagian besar terdiri dari gelombang geser,
- 2) Komponen vertikal gelombang tidak diamplifikasi lapisan tanah lunak dan hanya komponen horisontal yang teramplifikasi,
- 3) Batuan dasar (*basement*) menyebarkan gelombang ke segala arah,

- 4) Gelombang *Rayleigh* diasumsikan sebagai *noise* mikrotremor dan diusulkan metode untuk mengeliminasi efek gelombang *Rayleigh*.

Konsep dasar metode HVSR adalah adanya kesamaan antara rasio spektra horisontal ke vertikal dengan transfer gelombang dari batuan dasar ke permukaan (Nakamura, 1989). Nakamura menyampaikan bahwa periode dominan dan nilai puncak dari spektra rasio (H/V) mempunyai kesamaan dengan periode dominan dan faktor amplifikasi dari lapisan tanah, nilai H/V diperoleh dari perbandingan antara spektrum amplitudo fourier komponen gelombang horisontal terhadap gelombang vertikal (Windu Partono, 2013). Terdapat 2 data komponen horisontal (Utara-Selatan dan Timur-Barat) pada metode HVSR dan satu data komponen vertikal. Penggabungan kedua data horisontal, biasanya dilakukan berdasarkan kaidah Phytagoras dalam fungsi frekuensi.

Nakamura (2000) membagi gelombang mikroseismik menjadi dua yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang badan, dimana

gelombang *Rayleigh* termasuk ke dalam gelombang permukaan yang merambat pada permukaan tanah dan gelombang badan merambat melalui batuan dasar seperti pada Gambar 4 (Sulistiawan, 2016). Berdasarkan hal tersebut, maka persamaan  $H/V$  dapat ditulis sebagai berikut:

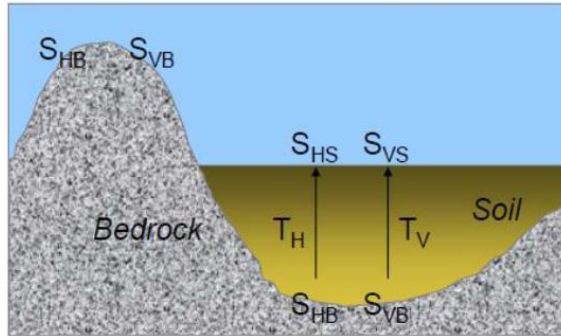
$$H_f = A_h \times S_{HB} + S_{HS} \quad (3)$$

$$V_f = A_v \times S_{VB} + S_{VS} \quad (4)$$

Sehingga,

$$H/V = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h \times S_{HB} + S_{HS}}{A_v \times S_{VB} + S_{VS}} \quad (5)$$

dimana  $H_f$  adalah komponen horisontal gelombang mikroseismik dan  $V_f$  adalah komponen vertikal gelombang mikroseismik,  $A_h$  adalah faktor amplifikasi horisontal gelombang badan dan  $A_v$  faktor amplifikasi vertikal gelombang badan,  $S_{HB}$  adalah spektrum gerak horisontal di batuan dasar dan  $S_{VB}$  adalah spektrum gerak vertikal di batuan dasar, sedangkan  $S_{HS}$  adalah spektrum gerak horisontal di permukaan tanah dan  $S_{VS}$  spektrum gerak vertikal di permukaan tanah atau lapisan sedimen.



Gambar 2. 3. Model cekungan yang berisi material sedimen halus (Slob, 2007).

b. Parameter *Seismic Hazard*

Parameter *seismic hazard* merupakan data-data yang digunakan untuk menentukan dampak terjadinya gempa bumi, beberapa parameter *seismic hazard*, yaitu:

1) Amplifikasi

Amplifikasi merupakan suatu penguatan atau perbesaran gelombang tanah yang terjadi akibat perubahan yang signifikan antarlapisan dengan kata lain nilai amplifikasi mengalami perbesaran jika merambat dari satu medium ke medium lain yang lebih lunak. Semakin signifikan perubahan antarlapisan, maka semakin

besar nilai amplifikasinya (Putri, Purwanto, & Widodo, 2017).

Marjiyono (2010) menyatakan bahwa, amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spektral horisontal dan vertikalnya (H/V). nilai amplifikasi bisa bertambah jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau peseseran) yang mengubah sifat fisik batuan.

## 2) Frekuensi Natural

Frekuensi natural merupakan nilai frekuensi yang sering muncul pada daerah penelitian, dimana frekuensi natural dapat menggambarkan lapisan bawah permukaan tanah. Nilai frekuensi natural diperoleh dari sumbu horisontal puncak kurva H/V (Sitorus *et al*, 2017). Peta sebaran nilai frekuensi natural dapat diperoleh dengan melakukan pengolahan data melalui software Surfer.

### 3) Periode Dominan

Nilai periode dominan tanah dibutuhkan dalam menentukan nilai percepatan tanah di suatu tempat. Nilai periode dominan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (6)$$

dengan  $T_0$  adalah periode dominan (s), dan  $f_0$  adalah frekuensi natural (Hz), maka nilai-nilai frekuensi natural perlu dicari sebelum menentukan nilai periode dominan tanah di suatu tempat. Untuk mencari nilai frekuensi natural tanah, bisa digunakan teknik *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).

Kondisi tanah daerah setempat memengaruhi karakteristik gelombang gempabumi selama gempabumi terjadi. Gelombang seismik pada saat menjalar terjebak dalam lapisan tanah lunak dan fenomena multi refleksi, sehingga menghasilkan getaran tanah yang sesuai dengan periode. Periode tersebut dinamakan periode dominan tanah (Nakamura, 1989).

#### 4) Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan tanah maksimum atau PGA merupakan nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi. Percepatan tanah maksimum di suatu tempat disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah di tempat tersebut (Kanai & Tanaka, 1961).

Sifat-sifat lapisan tanah diketahui dari nilai periode dominan tanah dari lapisan tanah. Nilai periode getaran seismik ( $T$ ) dan nilai periode dominan ( $T_0$ ) memengaruhi besar kecilnya nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA). Sedangkan perbedaan kecepatan perambatan gelombang seismik pada batuan dasar dengan kecepatan perambatan gelombang seismik pada permukaan tanah akan menentukan faktor perbesaran  $G(T)$  (Edwiza, D., & S. Novita, 2008).

Menurut Ozaki (1977), jika nilai periode getaran seismik ( $T$ ) dan periode dominan tanah ( $T_0$ ) sama, maka akan terjadi resonansi, sehingga percepatan tanah akan mengalami penguatan yang disebut dengan percepatan tanah maksimum. Kanai (1966) menyatakan bahwa persamaan percepatan tanah maksimum dalam Doughlas (2011) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha_{max} = G(T) \alpha_0 \quad (7)$$

dengan

$$\alpha_0 = \frac{1}{T} 10^{(0,61 M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (8)$$

$$G(T) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{T}{T_0}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{0,2 T}{\sqrt{T_0 T_0}}\right)^2}} \quad (9)$$

Apabila terjadi resonansi ( $T = T_0$ ) maka harga  $G(T)$  akan mencapai maksimum. Gelombang yang melalui lapisan sedimen akan menimbulkan resonansi yang disebabkan karena gelombang gempa mempunyai spektrum yang lebar, sehingga hanya gelombang gempa yang sama dengan periode dominan tanah dari lapisan sedimen yang akan diperkuat (Edwiza, D., & S. Novita,



2008). Pada kondisi resonansi, maka persamaan (7) menjadi:

$$a_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61 M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (10)$$

dimana,  $\alpha$  (PGA dalam *gal*),  $T_0$  (periode dominan tanah dalam *second*),  $M$  (*Magnitude* dalam Skala *Richter*) dan  $R$  (jarak *hypocenter* dalam *km*).

## 5) Intensitas Gempa

Menurut Gutenberg & Richter (1942) terdapat hubungan antara nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas gempa (dalam MMI). Intensitas gempa menyatakan kekuatan gempa yang dirasakan di suatu tempat (di permukaan) dan ditentukan dari efek langsung guncangan gempa, misalnya terhadap topografi, bangunan, dan sebagainya.

Besarnya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas sangat bergantung pada besarnya magnitudo gempa, jarak dari sumber gempa dan faktor dari geologi daerah terkena gempa, sehingga nilainya relatif berbeda-beda di setiap daerah.

Satuan intensitas gempa dapat juga diukur berdasarkan dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh getaran gelombang seismik dan satuan ini dikenal dengan *Modified Mercalli Intensity* (MMI), nilai satuan ini berkisar dari I sampai dengan X (Sulistiawan, 2016). Berdasarkan dampak dan percepatan tanah maksimum nilai intensitas gempa diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Skala nilai intensitas gempa berdasarkan dampak dan percepatan tanah maksimum (Sulistiawan, 2016)

<b>Inten- sitas</b>	<b>Efek</b>	<b>PGA (gal)</b>
I	Tidak terasa	< 1
II	Dirasakan oleh orang yang beristirahat, terutama di tingkat-tingkat atas bangunan atau tempat tinggi.	1-2
III	Terasa di dalam rumah, seakan ada truk lewat, tetapi banyak yang tidak menyangka ada gempa bumi.	2-5
IV	Terasa di dalam rumah seperti ada truk lewat atau terasa seperti ada barang berat yang menabrak dinding rumah, barang-barang yang tergantung bergoyang-goyang, jendela dan	5-10

<b>Inten- sitas</b>	<b>Efek</b>	<b>PGA (gal)</b>
	pintu bergetar, barang pecah bela pecah, gelas-gelas gemerincing, dinding dan rangka rumah berbunyi.	
V	Dapat dirasakan di luar rumah. Orang tidur terbangun, cairan tampak bergerak-gerak dan tumpah sedikit, barang perhiasan rumah yang kecil dan tidak stabil bergerak atau jatuh, pintu-pintu terbuka tertutup, pigura-pigura dinding bergerak, lonceng bandul berhenti, mati atau tidak cocok jalannya.	10- 25
VI	Terasa oleh semua orang. Banyak orang lari ke luar karena terkejut. Orang yang sedang berjalan kaki terganggu. Jendela berderit, gerabah, barang pecah-belah pecah, barang- barang kecil dan buku jatuh dari raknya, gambar-gambar jatuh dari dinding. Mebel-mebel bergerak atau berputar. Plester dinding yang lemah pecah. Lonceng-lonceng gereja berbunyi, pohon-pohon terlihat bergoyang.	25- 50
VII	Dapat dirasakan oleh sopir yang sedang mengemudi mobil. Orang yang sedang berjalan kaki sulit untuk berjalan dengan baik, cerobong asap yang lemah pecah. Langit-langit dan bagian- bagian konstruksi pada tempat yang tinggi rusak. Tembok yang tidak kuat pecah, plester tembok dan batu-batu tembok	50- 100

<b>Inten- sitas</b>	<b>Efek</b>	<b>PGA (gal)</b>
	yang tidak terikat kuat jatuh. Terjadi sedikit pergeseran dan lekukan-lekukan pada timbunan pasir dan batu kerikil. Air menjadi keruh lonceng-lonceng besar berbunyi, selokan irigasi rusak.	
VIII	Pengemudi mobil terganggu. Terjadi kerusakan pada bangunan-bangunan yang kuat karena terdapat bagian-bagian yang runtuh. Kerusakan terjadi pada tembok-tembok yang dibuat tahan terhadap getaran-getaran horisontal dan beberapa bagian tembok runtuh. Cerobong asap, monumen-monumen, menara-menara, dan tangki air yang berada di atas berputar atau jatuh. Rangka rumah berpindah dari fondasinya. Dinding-dinding yang tidak terikat baik jatuh atau terlempar. Ranting-ranting pohon patah dari dahannya. Tanah yang basah dan lereng yang curam terbelah.	100- 250
IX	Publik menjadi panik. Bangunan yang tidak kuat hancur. Bangunan yang kuat mengalami kerusakan berat. Fondasi dan rangka bangunan rusak. Pipa dalam tanah putus. Tanah merekah. Di daerah aluvium pasir dan lumpur keluar dari dalam tanah.	250- 500

<b>Inten- sitas</b>	<b>Efek</b>	<b>PGA (<i>gal</i>)</b>
X	Pada umumnya semua tembok, rangka rumah, dan fondasi rusak. Beberapa bangunan dari kayu yang kuat dan jembatan-jembatan rusak. Kerusakan berat terjadi pada bendungan-bendungan, tanggul-tanggul dan tambak-tambak. Terjadi tanah longsor yang besar. Air dalam kolam, sungai dan danau tumpah/muncrat. Terjadi perpindahan tempat secara horisontal di daerah pantai dan di daerah-daerah yang permukaan tanahnya rata. Jalur-jalur kereta api menjadi sedikit bengkok.	500-1000

Tingkat resiko akibat gelombang gempabumi yang terjadi di suatu daerah digolongkan menjadi 10 berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum dan intensitas, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Tingkat resiko gempa bumi berdasarkan nilai percepatan gataran tanah maksimum dan intensitas (Edwiza, 2008)

No	Tingkat Resiko	PGA (gal)	Inten-sitas
1.	Resiko sangat kecil	<25	<VI
2.	Resiko kecil	25-50	VI-VII
3.	Rsiko sedang satu	50-75	VII-VIII
4.	Resiko sedang dua	75-100	VII-VIII
5.	Resiko sedang tiga	100-125	VII-VIII
6.	Resiko besar satu	125-150	VIII-IX
7.	Resiko besar dua	150-200	VIII-IX
8.	Resiko besar tiga	200-300	VIII-IX
9.	Resiko sangat besar satu	300-600	IX-X
10.	Resiko sangat besar dua	>600	>X

## B. Kerangka Berpikir

Kota Semarang mempunyai daerah rawan gempa yang cukup tinggi (PVMBG, 2010). Kota Semarang pernah diguncang gempa pada tahun 1856 dengan kekuatan 5 SR dan intensitas VII-VIII MMI (Soetardjo, *et al.*, 1985). Berdasarkan hasil penelitian Windraswara dan Widowati (2010), Ngaliyan adalah salah satu kecamatan di Kota Semarang yang memiliki kondisi geologi sebagian berupa perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil. Apabila terjadi gempa yang cukup besar di daerah perbukitan akan berdampak pada pergerakan tanah, sehingga dapat menyebabkan longsor (Sulistiawan, 2016). Salah satu lokasi dari wilayah Ngaliyan yang dapat dijadikan objek penelitian adalah UIN Walisongo

Semarang yang terdiri dari tiga area, yaitu Kampus I, Kampus II, dan Kampus III. Analisis nilai PGA dan intensitas gempa perlu dilakukan di area tersebut agar nantinya dapat memberikan gambaran umum mengenai resiko gempa, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber informasi dalam mitigasi bencana gempabumi di suatu daerah khususnya area UIN Walisongo Semarang.

Nilai intensitas dapat diketahui dari nilai percepatan tanah maksimum. Nilai percepatan tanah maksimum dapat diketahui dengan metode mikroseismik (Nakamura, 1989). Metode mikroseismik yang digunakan dalam seismik pasif (mikrotremor) untuk menghitung rasio spektrum sinyal mikrotremor dari komponen horisontal terhadap komponen vertikalnya adalah metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) (Saka, 2018). Parameter penting yang dihasilkan dari metode tersebut, yaitu nilai amplifikasi dan frekuensi natural. Amplifikasi merupakan suatu penguatan atau perbesaran gelombang tanah yang terjadi akibat perubahan yang signifikan antarlapisan dengan kata lain nilai amplifikasi mengalami perbesaran jika merambat dari satu medium ke medium lain yang lebih lunak. Semakin signifikan perubahan antarlapisan, maka semakin besar nilai amplifikasinya. Frekuensi natural merupakan nilai frekuensi yang sering

muncul pada daerah penelitian dan berfungsi untuk menggambarkan lapisan bawah permukaan tanah. Nilai frekuensi natural yang dihasilkan dari metode HVSR digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum (PGA).

Nilai PGA di daerah penelitian dihitung dengan metode Kanai dengan rumus sebagai berikut:

$$a_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61 M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (10)$$

dimana,  $\alpha$  (PGA dalam *gal*),  $T_0$  (periode dominan tanah dalam *second*),  $M$  (*Magnitude* dalam Skala *Richter*) dan  $R$  (jarak *hypocenter* dalam *km*). Magnitudo dan jarak hiposenter berupa data yang diperoleh dari data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan *United States Geological Survey* (USGS). Nilai Periode dominan merupakan hasil turunan dari frekuensi natural. Intensitas gempa diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

### C. Rumusan Hipotesis

1. Nilai *Peak Ground Acceleration* di UIN Walisongo Semarang diperkirakan 5-250 gal.
2. Intensitas gempa di UIN Walisongo Semarang diperkirakan sekitar IV-VIII MMI.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif lapangan. Pengumpulan data dari survei lapangan berupa angka, hasil dan interpretasi berupa angka yang dapat menggambarkan fenomena atau kondisi geologi daerah penelitian.

#### **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

##### **1. Lokasi Penelitian**

##### **a. Geologi Regional**

Kota Semarang adalah Ibukota Provinsi Jawa Tengah. Luas daerah administrasi 373,7 Km<sup>2</sup>, terdiri dari 16 Kecamatan. Dilihat dari kondisi topografis, terdapat dua unit morfologi di Kota Semarang. Pertama, di bagian selatan tepatnya bagian atas kota terdiri dari perbukitan, kedua di bagian utara tepatnya di kota bagian bawah terdapat dataran aluvial pantai. (Sutikno, 1983).

Berdasarkan hasil penelitian Windraswara dan Widowati (2010), Ngaiyan adalah salah satu

kecamatan di Kota Semarang yang memiliki kondisi geologi sebagian berupa perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil. Salah satu lokasi dari wilayah Ngaliyan yang dapat dijadikan objek penelitian adalah area UIN Walisongo Semarang. Berdasarkan peta geologi lembar Magelang-Semarang area tersebut tersusun atas formasi damar yang terdiri dari batu pasir, tufan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Kampus UIN Walisongo Semarang terletak pada  $6^{\circ}59'11''$ -  $6^{\circ}59'35''$ LS dan  $110^{\circ}20'49''$  –  $110^{\circ} 21'31''$ BT.

- b. Penelitian ini dilakukan di tiga lokasi, yaitu:

Kampus I Universitas Islam Negeri Walisongo Jl. Walisongo, No. 3-5, Kota Semarang, Jawa Tengah 50185, Kampus II dan III Universitas Islam Negeri Walisongo Jl. Prof. Dr. Hamka, Tambakaji, Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50185.

## 2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 11 April 2019 sampai dengan 27 Mei 2019.

### **C. Variabel Penelitian**

#### **1. Variabel Bebas**

Variabel bebas dari penelitian ini adalah titik lokasi pengambilan data, nilai frekuensi natural dan amplifikasi yang diperoleh dari pengolahan metode HVSR.

#### **2. Variabel Terikat**

Variabel terikat dari penelitian ini adalah nilai Periode Dominan, nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan intensitas gempa.

### **D. Instrumen Penelitian**

#### **1. *Software***

*Software* yang digunakan dalam pengolahan data mikroseismik, yaitu:

- a. *Google Earth* untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian dan sebagai media pembuatan desain survei.
- b. *Geopsy* sebagai media pengolahan data mikrotremor dengan metode HVSR.
- c. *Microsoft Excel* 2016 digunakan untuk mengubah data DAT (.dat) menjadi format data kolom Excel Workbook (.xls) dan media perhitungan data.

- d. *Surfer 11* untuk menginterpretasikan peta PGA area UIN Walisongo Semarang.

## 2. *Hardware*

*Hardware* yang digunakan dalam pengolahan data mikroseismik antara lain, yaitu:

- a. Instrumn Velbox SL06 untuk Perekaman data kontinu (datalog) dalam berbagai format, termasuk miniseed, perekaman event dalam format yang berbeda, dengan amplitudo atau STA / LTA berdasarkan triggering.
- b. *Power Supply (ACCU)* sebagai sumber energi.
- c. Kabel USB sebagai konektor antarinstrumen.
- d. Laptop Hp 14bw015AU untuk akuisisi dan analisis data mikrotremor.
- e. GPSMAP 64s untuk menentukan titik koordinat daerah penelitian.

## E. **Prosedur Penelitian**

### 1. Tahap Persiapan

- a. Persiapan Desain Survei

Desain survei dibuat dengan menggunakan *software Google Earth*. Terdapat tiga lokasi yang dijadikan objek penelitian, yaitu Kampus I

dengan luas  $200\text{m} \times 50\text{m}$ . Penentuan titik akuisisi dilakukan secara *grid* dengan jarak 50 m. Jumlah titik akuisisi sebanyak 13 titik. Kampus II dengan luas  $300\text{m} \times 150\text{m}$ . Penentuan titik akuisisi dilakukan secara *grid* dengan jarak 100 m. Jumlah titik akuisisi sebanyak 11 titik. Kampus III dengan luas  $300\text{m} \times 266\text{m}$ . Penentuan titik akuisisi dilakukan secara *grid* dengan jarak 100 m. Jumlah titik akuisisi sebanyak 15 titik, sehingga jumlah titik akuisisi secara keseluruhan sebanyak 39 titik. Jarak antartitik dibuat tidak terlalu jauh supaya data yang diambil dapat menginterpretasikan kondisi di area UIN Walisongo Semarang.

b. Survei Lapangan

Titik-titik akuisisi di lokasi penelitian akan mengalami sedikit pergeseran dari posisi sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh posisi tersebut berada tepat pada bangunan gedung, sarana umum, samping lokasi pembangunan gedung baru, dan dekat dengan sumber listrik. Desain survei lokasi penelitian kampus satu, dua,

dan tiga UIN Walisongo Semarang dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. 1. Daerah Penelitian (a) Kampus I (b) Kampus II (c) Kampus III UIN Walisongo Semarang.

## 2. Akuisisi Data

- a. Penelitian dilakukan di kampus satu, dua, dan tiga UIN Walisongo Semarang. Pengukuran dilakukan selama  $\pm 30$  menit pada setiap titik penelitian. Parameter yang didapatkan dari hasil pengukuran mikrotremor, yaitu nilai amplifikasi dan frekuensi natural.
- b. Instrumen Velbox SL06 diletakkan di atas permukaan tanah yang keras dan datar. Apabila keadaan tanah gembur bagian bawah alat diberi alas.
- c. Posisi instrumen diatur dengan menghadapkan sumbu y ke utara sesuai acuan kompas.
- d. Posisi gelombang air diatur supaya berada tepat di tengah-tengah dengan memberi alas dan memutar kaki instrumen Velbox SL06 ke kiri atau ke kanan.
- e. Masing-masing kabel konektor dihubungkan dengan instrumen (Instrumen Velbox SL06, GPS, laptop, accu) sesuai kegunaan.
- f. GPS diletakkan di atas instrumen Velbox SL06 (tempat terbuka) supaya dapat terhubung langsung dengan satelit.

- g. Setelah kabel konektor dipastikan terhubung dengan benar, ditunggu beberapa detik kemudian instrumen akan menyala secara otomatis.
  - h. Setelah dilakukan pengaturan IP laptop hingga muncul gelombang, tombol “run” pada daftar menu web diklik untuk memulai proses perekaman.
  - i. Proses perekaman data dihentikan setelah  $\pm 30$  menit pada setiap titik penelitian.
  - j. Data hasil perekaman pada data log disimpan.
  - k. Instrumen akan mati secara otomatis setelah tombol “Halt” pada daftar menu web ditekan.
  - l. Kabel konektor dan kaki instrumen dilepas kembali dan semua komponen dimasukkan ke dalam box.
3. Metode analisis data
- a. Data mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), sehingga dihasilkan data berupa kurva  $H/V$ , nilai frekuensi natural ( $f_0$ ), dan faktor amplifikasi ( $A$ ). Nilai frekuensi natural digunakan untuk menghitung nilai *Peak Ground*



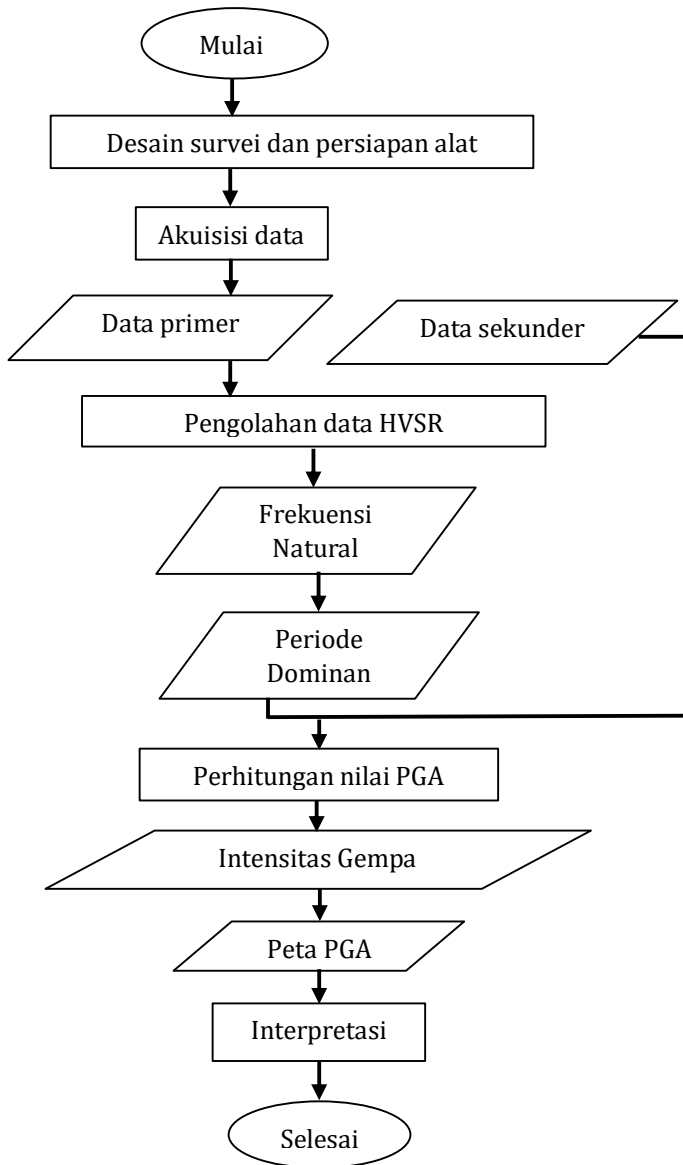
*Acceleration* (PGA). Nilai PGA di daerah penelitian dihitung dengan metode Kanai dengan rumus sebagai berikut:

$$a_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61 M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (10)$$

dimana,  $\alpha$  (PGA dalam *gal*),  $T_0$  (periode dominan tanah dalam *second*),  $M$  (*Magnitude* dalam Skala *Richter*) dan  $R$  (jarak *hypocenter* dalam Km). Magnitudo dan jarak hiposenter berupa data sekunder yang diperoleh dari data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan *United States Geological Survey* (USGS). Nilai Periode dominan merupakan hasil turunan dari frekuensi natural. Intensitas gempa diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. dan Tabel 2.2.

- b. Data diproses menggunakan *software* Surfer 11, sehingga didapatkan peta *Peak Ground Acceleration* di daerah penelitian.

**F. Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

##### 1. Data Primer

##### a. Data Primer Area Kampus I UIN Walisongo Semarang

Data-data primer yang digunakan untuk mencari nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) di area Kampus I UIN Walisongo Semarang, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Mikrotremor Area Kampus I  
UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	f (Hz)	A	T (s)
T1.1	429282	9227602	34	10,2818	2,4312	0,0972
T1.2	429312	9227595	37	9,8224	2,0642	0,1018
T1.3	429233	9227560	34	4,241	1,1053	0,2358
T1.4	429254	9227605	42	0,6170	1,2468	1,6209
T1.5	429269	9227660	28	6,9968	1,0144	0,1423
T1.6	429245	9227671	24	13,6995	0,9787	0,0730
T1.7	429217	9227614	42	3,3808	1,1489	0,2958
T1.8	429237	9227572	22	4,3295	1,5369	0,2310
T1.9	429167	9227580	22	13,1049	2,3133	0,0763
T1.10	429176	9227624	37	5,0542	1,4527	0,1978
T1.11	429188	9227683	24	0,6327	1,2034	1,5804
T1.12	429119	9227617	30	3,9681	1,9181	0,2520
T1.13	429129	9227579	33	4,1458	2,1813	0,2412

b. Data Primer Area Kampus II UIN Walisongo Semarang

Data-data primer yang digunakan untuk mencari nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) di area Kampus II UIN Walisongo Semarang, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Mikrotremor Area Kampus II UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	f (Hz)	A	T (s)
T2.1	428690	9227318	61	6,8164	4,1487	0,1467
T2.2	428680	9227180	68	5,7864	1,3533	0,1728
T2.3	428623	9227124	76	3,6443	1,5273	0,2744
T2.4	428553	9227202	77	8,1444	1,6429	0,1228
T2.5	428600	9227293	71	4,3415	1,2622	0,2303
T2.6	428642	9227384	64	5,2369	1,1113	0,1910
T2.7	428546	9227368	77	4,2105	1,8002	0,2375
T2.8	428487	9227300	83	3,3576	1,8291	0,2978
T2.9	428430	9227227	78	6,4243	1,2451	0,1556
T2.10	428364	9227291	85	3,3208	1,2406	0,3011
T2.11	428431	9227361	81	7,8656	1,5848	0,1271

c. Data Primer Area Kampus III UIN Walisongo Semarang

Data-data primer yang digunakan untuk mencari nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) di area Kampus III UIN Walisongo Semarang, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Mikrotremor Area Kampus  
III UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	f (Hz)	A	T (s)
T3.1	428338	9227032	42	11,3592	1,7586	0,0880
T3.2	428298	9226996	34	9,4347	1,7058	0,1060
T3.3	428169	9227058	55	12,2095	1,4528	0,0819
T3.4	428199	9227122	50	6,6232	1,3267	0,1510
T3.5	428129	9227166	84	6,2176	1,2526	0,1608
T3.6	428111	9227076	57	8,7203	0,8909	0,1147
T3.7	428084	9226986	79	6,6365	1,9061	0,1507
T3.8	428050	9226912	79	6,8989	1,4660	0,1450
T3.9	427982	9226920	81	12,7925	2,0932	0,0782
T3.10	428016	9227018	80	5,6962	1,3209	0,1756
T3.11	428036	9227093	84	6,8372	1,6082	0,1462
T3.12	428051	9227177	84	3,2564	1,6308	0,3071
T3.13	427981	9227099	81	3,0422	1,7601	0,3287
T3.14	427920	9227020	83	14,3009	1,9013	0,0699
T3.15	427911	9226967	81	12,4721	1,6301	0,0802

## 2. Data Sekunder

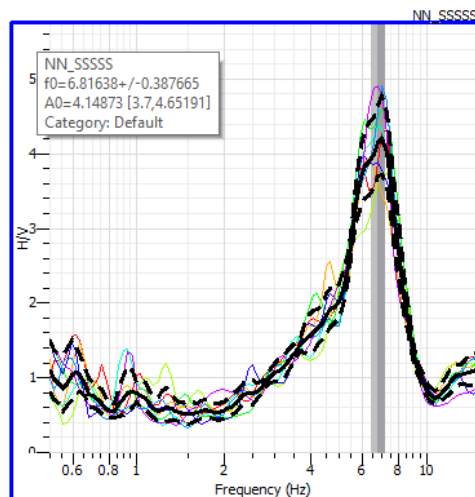
- a. Gempa di Tegal tanggal 13 November 2015 dengan nilai  $M=5,1$  SR dan  $R=27$  Km,
- b. Gempa di Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006 dengan nilai  $M=6,2$  SR dan  $R=17,1$  Km,
- c. Gempa di Jepara tanggal 23 Oktober 2015 dengan nilai  $M=5$  SR dan  $R=14$  Km.

## B. Analisis Data

Pengambilan data dilakukan di UIN Walisongo Semarang yang terdiri dari tiga area, yaitu kampus I, kampus II, dan kampus III. Data hasil penelitian diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*

(HVSr). Hasil pengolahan berupa grafik *horizontal to vertical* (H/V). Data yang dihasilkan dari setiap titik pengukuran memiliki *noise* atau gangguan, sehingga pada bagian-bagian yang memiliki banyak gangguan perlu dihilangkan.

Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSr, yaitu nilai amplifikasi dan frekuensi natural. Nakamura (2008) menyampaikan bahwa nilai faktor amplifikasi suatu tempat dapat diketahui dari tinggi puncak spektrum kurva HVSr. Nilai frekuensi natural dihasilkan dari puncak kurva H/V di suatu titik ukur. Gambar di bawah merupakan contoh kurva H/V.



Gambar 4.1 Kurva H/V pada Titik T2.1

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa titik T2.1 memiliki nilai amplifikasi sebesar 4,1487 dan nilai frekuensi natural sebesar 6,8164 Hz. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai PGA dengan rumus sebagai berikut:

$$a_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61 M) - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + (0,167 - \frac{1,83}{R})} \quad (10)$$

$$= 202,2069 \text{ gal}$$

dimana,  $\alpha$  (PGA dalam *gal*),  $T_0$  (periode dominan tanah dalam *second*),  $M$  (*Magnitude* dalam Skala *Richter*) dan  $R$  (jarak *hypocenter* dalam *km*). Magnitudo dan jarak hiposenter berupa data yang diperoleh dari data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan *United States Geological Survey* (USGS). Nilai Periode dominan merupakan hasil turunan dari frekuensi natural. Intensitas dan dampak yang terjadi di suatu daerah akibat gelombang gempabumi dapat diketahui berdasarkan nilai PGA, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Berikut nilai PGA di area kampus I, kampus II, dan kampus III UIN Walisongo Semarang:

#### 1. Nilai PGA Area Kampus I UIN Walisongo Semarang

Data hasil perhitungan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) area kampus I UIN walisongo semarang pada 13 titik ukur dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Nilai PGA Area Kampus I  
UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	a (gal)
T1.1	429282	9227602	34	248,3436
T1.2	429312	9227595	37	242,7321
T1.3	429233	9227560	34	159,4970
T1.4	429254	9227605	42	60,8360
T1.5	429269	9227660	28	204,8652
T1.6	429245	9227671	24	286,6624
T1.7	429217	9227614	42	142,4060
T1.8	429237	9227572	22	161,1526
T1.9	429167	9227580	22	282,5621
T1.10	429176	9227624	37	174,1184
T1.11	429188	9227683	24	61,6052
T1.12	429119	9227617	30	154,2800
T1.13	429129	9227579	33	157,6967

## 2. Nilai PGA Area Kampus II UIN Walisongo Semarang

Data hasil perhitungan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) area kampus II UIN walisongo semarang pada 11 titik ukur dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.5 Nilai PGA Area Kampus  
II UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	a (gal)
T2.1	428690	9227318	61	202,2069
T2.2	428680	9227180	68	186,3042
T2.3	428623	9227124	76	147,8514
T2.4	428553	9227202	77	221,0283
T2.5	428600	9227293	71	161,3758
T2.6	428642	9227384	64	177,2375
T2.7	428546	9227368	77	158,9243
T2.8	428487	9227300	83	141,9165
T2.9	428430	9227227	78	196,3050
T2.10	428364	9227291	85	141,1366
T2.11	428431	9227361	81	217,2122



### 3. Nilai PGA Area Kampus III UIN Walisongo Semarang

Data hasil perhitungan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) area kampus III UIN walisongo semarang pada 15 titik ukur dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.6 Nilai PGA Area Kampus III  
UIN Walisongo Semarang

Titik	X (m)	Y (m)	Z (m)	a (gal)
T3.1	428338	9227032	42	261,0311
T3.2	428298	9226996	34	237,8934
T3.3	428169	9227058	55	270,6246
T3.4	428199	9227122	50	199,3207
T3.5	428129	9227166	84	193,1211
T3.6	428111	9227076	57	228,7094
T3.7	428084	9226986	79	199,5207
T3.8	428050	9226912	79	203,4269
T3.9	427982	9226920	81	277,0104
T3.10	428016	9227018	80	184,8464
T3.11	428036	9227093	84	202,5151
T3.12	428051	9227177	84	139,7614
T3.13	427981	9227099	81	135,0888
T3.14	427920	9227020	83	292,8870
T3.15	427911	9226967	81	273,5194

### C. Pembahasan

#### 1. *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Percepatan tanah maksimum dapat didefinisikan sebagai nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu daerah akibat adanya gelombang gempabumi. Percepatan tanah maksimum di suatu

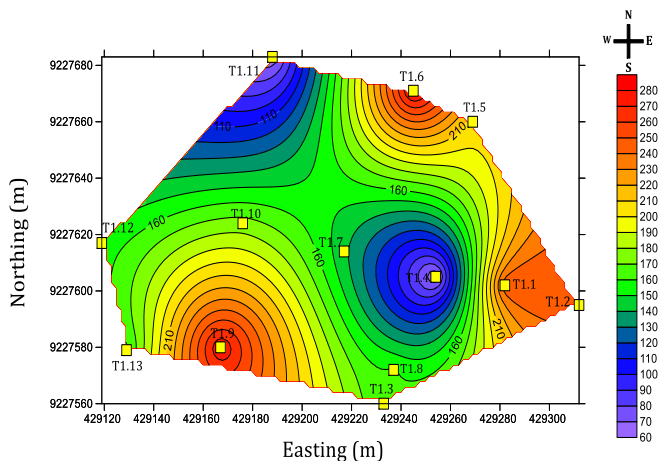
daerah disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah di tempat tersebut (Kanai & Tanaka, 1961). Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat diketahui bahwa tinggi atau rendahnya nilai PGA dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Nilai frekuensi natural yang diperoleh dari pengukuran mikrotremor dapat menggambarkan karakteristik lapisan tanah di suatu daerah. Selain nilai frekuensi, nilai amplifikasi juga merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran. Hasil perekaman mikrotremor selalu memiliki *noise*. Agar mendapatkan hasil yang baik, pengukuran frekuensi dan amplifikasi dilakukan di tempat-tempat yang terhindar dari kebisingan guna mengurangi getaran dari faktor lain, seperti akibat gerakan mesin, manusia, atau sumber getaran lain.

Parameter yang digunakan untuk menghitung nilai PGA adalah nilai periode dominan dan sumber gempa yang berada di sekitar area Semarang. Beberapa sumber gempabumi yang digunakan untuk menghitung nilai PGA diambil berdasarkan data BMKG dan USGS. Sumber gempabumi yang diambil memiliki magnitudo minimal 5 SR. Nilai PGA diolah guna mengetahui peta persebarannya. Peta persebaran PGA menunjukkan nilai

PGA dari yang terbesar hingga terkecil. Berdasarkan hasil pengolahan data PGA, area yang memiliki nilai PGA terbesar ditunjukkan oleh warna oranye tua dan area yang memiliki nilai PGA terkecil ditunjukkan oleh warna biru muda. Berikut hasil pengolahan data PGA di area UIN Walisongo Semarang:

a. PGA di Area Kampus I UIN Walisongo Semarang

Berdasarkan data pada Tabel 4.4 dapat digambarkan peta persebaran PGA sebagai berikut:



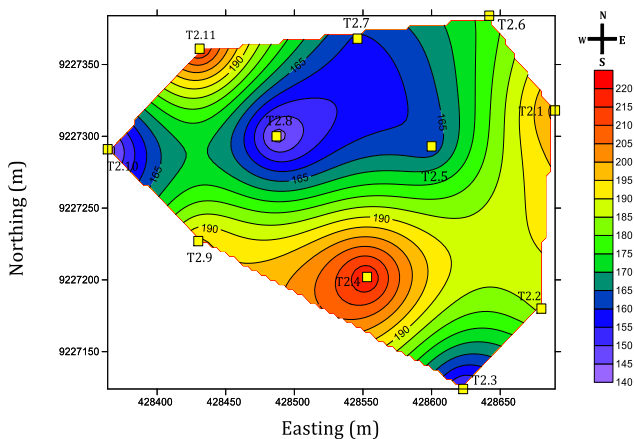
Gambar 4.2 Peta Persebaran PGA Area Kampus I UIN Walisongo Semarang

Gambar di atas menunjukkan Peta Persebaran PGA area Kampus I UIN Walisongo Semarang. Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) berkisar antara

60,8360 gal sampai dengan 286,6624 gal. Nilai PGA terbesar dalam penelitian terletak pada titik T1.6, sedangkan nilai PGA terkecil dalam penelitian terletak pada titik T1.4.

b. PGA di Area Kampus II UIN Walisongo Semarang

Berdasarkan data pada Tabel 4.5 dapat digambarkan peta persebaran PGA sebagai berikut:



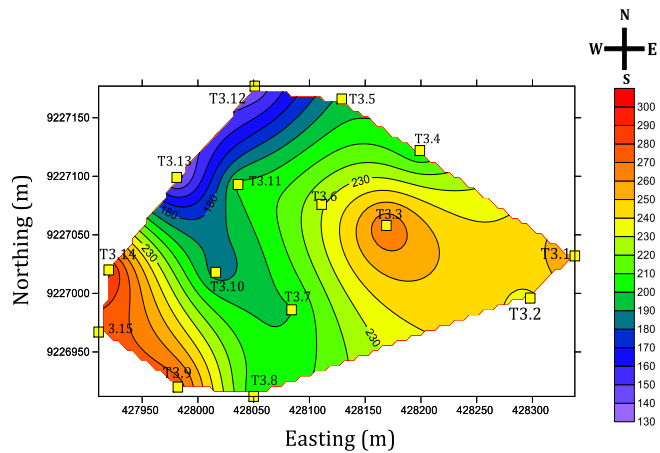
Gambar 4.3 Peta Persebaran PGA Area Kampus II UIN Walisongo Semarang

Gambar di atas menunjukkan Peta Persebaran PGA area Kampus II UIN Walisongo Semarang. Nilai PGA berkisar antara 141,9165 gal sampai dengan 221,0283 gal, dimana nilai PGA terbesar dalam penelitian terletak pada titik T2.4, sedangkan nilai

PGA terkecil dalam penelitian terletak pada titik T2.10.

c. PGA di Area Kampus III UIN Walisongo Semarang

Berdasarkan data pada Tabel 4.6 dapat digambarkan peta persebaran PGA sebagai berikut:



Gambar 4.4 Peta Persebaran PGA Area Kampus III UIN Walisongo Semarang

Gambar di atas menunjukkan peta persebaran PGA area Kampus III UIN Walisongo Semarang. Nilai PGA berkisar antara 135,0888 gal sampai dengan 292,8870 gal dimana nilai PGA terbesar dalam penelitian terletak pada titik T3.14, sedangkan nilai PGA terkecil dalam penelitian terletak pada titik T3.13.

Menurut hasil penelitian nilai PGA terbesar terletak di kampus I pada titik T1.6 dan di Kampus III pada titik T3.14. Menurut Edwiza (2008), tingkat resiko gempa dengan nilai PGA 50 gal - 75 gal termasuk pada tingkat resiko sedang satu, nilai PGA 75 gal - 100 gal termasuk pada tingkat resiko sedang dua, dan nilai PGA 100 gal - 125 gal termasuk pada tingkat resiko sedang tiga. Nilai PGA 125 gal 150 gal termasuk pada tingkat resiko besar satu, nilai PGA 150 gal - 200 gal termasuk pada tingkat resiko besar dua, nilai PGA 200 gal - 300 gal termasuk pada tingkat resiko besar tiga. Berdasarkan data hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai PGA di Kampus I berkisar antara 60,8360 gal sampai dengan 286,6624 gal termasuk pada tingkat resiko sedang satu hingga besar tiga. Nilai PGA di Kampus II 141,9165 gal sampai dengan 221,0283 gal termasuk pada tingkat resiko besar satu hingga resiko besar tiga. Nilai PGA di kampus III berkisar antara 135,0888 gal sampai dengan 292,8870 gal termasuk pada tingkat resiko besar satu hingga resiko besar tiga.

Menurut Sulistiawan (2016) nilai percepatan tanah maksimum dipengaruhi oleh magnitudo gempa, jarak sumber gempa dengan lokasi penelitian, dan kedalaman sumber gempa. Semakin besar nilai

magnitudo gempa dan semakin dangkal sumber gempa, maka nilai percepatan tanah maksimum semakin besar. nilai PGA di area UIN Walisongo Semarang dipengaruhi oleh sumber gempa dari Jepara, Yogyakarta, dan Tegal yang memiliki nilai magnitudo  $\geq 5$  SR dan termasuk dalam kategori gempa dangkal. Nilai PGA di UIN Walisongo Semarang termasuk pada tingkat resiko sedang hingga besar. Semakin besar nilai PGA maka potensi terjadi kerusakan di suatu daerah semakin besar, sehingga area tersebut perlu diwaspadai apabila terjadi gempabumi.

## 2. Intensitas Gempa

Berdasarkan hasil perhitungan PGA dapat diketahui intensitas gempabumi dalam skala MMI sesuai dengan Tabel 2.1. Nilai PGA dan intensitas gempa dapat memberikan gambaran mengenai dampak gempa untuk mitigasi bencana di suatu daerah khususnya area UIN Walisongo Semarang.

Intensitas gempa sebanding dengan nilai PGA. Semakin tinggi nilai PGA di suatu daerah, maka intensitas gempa juga semakin tinggi. Menurut Wibowo (2016) analisis nilai PGA dan intensitas gempa dapat merepresentasikan tingkat kerusakan sebagai dampak

adanya gempabumi di suatu wilayah. Menurut Edwiza (2008), tingkat resiko gempa dengan intensitas gempa VII-VIII termasuk pada tingkat resiko sedang dan intensitas VIII-IX termasuk pada tingkat resiko besar. Semakin besar intensitas gempa semakin besar dampak atau kerusakan yang terjadi di suatu daerah.

Berdasarkan hasil penelitian berikut intensitas gempabumi di masing-masing area penelitian:

- a. Area Kampus I UIN Walisongo Semarang berkisar antara VII-IX MMI termasuk pada tingkat resiko sedang hingga besar.
- b. Area Kampus II UIN Walisongo Semarang berkisar VIII MMI termasuk pada tingkat resiko besar.
- c. Area Kampus III UIN Walisongo Semarang berkisar antara VIII-IX MMI termasuk pada tingkat resiko besar.

Intensitas di area UIN Walisongo Semarang adalah VII-IX MMI, sehingga termasuk pada tingkat resiko sedang hingga besar. Hal ini tidak jauh berbeda dengan data sebelumnya bahwa Kota Semarang pernah diguncang gempa dengan kekuatan 5 SR dan intensitas VII-VIII MMI pada tahun 1856 (Soetardjo, *et al.*, 1985). Kerusakan yang terjadi pada suatu daerah akibat gempabumi bergantung pada geologi lokal, kekuatan



dan kualitas bangunan, besarnya PGA, serta intensitas gempabumi di suatu daerah (Febriani, et al., 2013). Semakin besar nilai PGA dan intensitas, maka kerusakan yang terjadi akibat gempabumi semakin besar.

3. Relevansi nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan intensitas dengan Al-Quran QS. Al-Anbiya (21):31 dan QS.Al-Hadid (57):22

Al-Quran menjelaskan bumi beserta isinya termasuk fenomena gempabumi, seperti yang ditunjukkan pada QS. Al-Anbiyaa (21):31. Tafsir oleh Kementerian Agama RI pada ayat ini Allah menerangkan bahwa diciptakannya gunung-gunung yang kokoh supaya manusia dan semua makhluk tetap terpelihara dan terjaga dalam bumi yang putarannya cepat sekali. Tafsir QS. Al-Hadid (57):22 oleh Kementerian Agama RI, pada ayat ini Allah menerangkan semua bencana dan malapetaka yang menimpa permukaan bumi, seperti gempa bumi, banjir dan bencana alam yang lain serta bencana yang menimpa manusia, seperti kecelakaan, penyakit dan sebagainya telah ditetapkan akan terjadi sebelumnya dan tertulis di Lauh Mahfudz, sebelum Allah menciptakan makhluk-Nya.

Segala sesuatu yang terjadi di bumi tiada datang begitu saja melainkan melalui proses yang timbul melalui gejala-gejala alam. Gejala alam juga sangat dipengaruhi oleh tindakan manusia sebagai makhluk yang diberikan tanggung jawab untuk menjaga. Sebagai manusia juga harus mempelajari dan memahami gejala-gejala bencana alam, misalnya gejala alam gempabumi untuk mengantisipasi adanya resiko yang ditimbulkan.

Resiko akibat gempa bumi dapat digambarkan dari nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan intensitas yang merupakan ukuran kerusakan akibat gempabumi. Apabila nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) dan ukuran kerusakan akibat gempabumi (intensitas) gempa tinggi, maka resiko akibat gelombang gempabumi juga semakin besar. Nilai PGA di Kampus I UIN Walisongo Semarang berkisar antara 60,8360 gal sampai dengan 286,6624 gal, di Kampus II berkisar antara 141,9165 gal sampai dengan 221,0283 gal, dan di Kampus III berkisar antara 135,0888 gal sampai dengan 292,8870 gal. Intensitas gempa di Kampus I UIN Walisongo Semarang berkisar antara VII-IX MMI, di Kampus II berkisar VIII MMI, dan di Kampus III berkisar antara VIII-IX MMI.

Berdasarkan data yang diperoleh nilai PGA dan intensitas di UIN Walisongo Semarang termasuk pada tingkat resiko sedang hingga besar, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2. Antisipasi terjadinya kerusakan di area tersebut dapat dilakukan dengan mendirikan bangunan dengan pondasi yang dalam dan tidak mendirikan bangunan gedung yang tinggi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai PGA di area UIN Walisongo Semarang adalah:
  - a. Berkisar antara 60,8360 gal sampai dengan 286,6624 gal di area Kampus I.
  - b. Berkisar antara 141,9165 gal sampai dengan 221,0283 gal di area Kampus II.
  - c. Berkisar antara 135,0888 gal sampai dengan 292,8870 gal di area Kampus III.
2. Intensitas gempa di area UIN Walisongo Semarang adalah:
  - a. Berkisar antara VII-IX MMI di area Kampus I.
  - a. Berkisar VIII MMI di area Kampus II.
  - b. Berkisar antara VIII-IX MMI di area Kampus III.

## **B. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil dan kesimpulan, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan bidang miring dan bidang gelincir yang berkaitan dengan metode mikroseismik.
2. Pengukuran dilakukan di tempat-tempat yang terhindar dari kebisingan, baik oleh kendaraan atau aktivitas manusia lainnya, sehingga data yang dihasilkan tidak memiliki banyak *noise* atau gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adib et al., A. P. (2014). *Site Effect Classification Based on Microtremor Data Analysis Using a Concentration-Area Fractal Model. Nonlinear Processes in Geophysics*, 22, 53-63. European: Corpenicus Publications on behalf of the European Geosciences.
- Blake et al., W. F. (1974). *Microseismic Techniques for Monitoring The Behavior of Rock Structures*. Washington D.C.: United States Departement of The Interior.
- BMKG. (2015). *Gempabumi*. Diambil kembali dari Data Gempa: [http://inatews.bmkg.go.id/new/query\\_gmpqc.php](http://inatews.bmkg.go.id/new/query_gmpqc.php). Diakses pada tanggal 20 Maret 2019.
- Bock, Y. e. (2003). Crustal Motion In Indonesia From Global Positioning System Measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108.
- Braile, L. W. (2006). *Seismic Wave and Slinky*. Indiana Eleanor: Purdue University Chu.
- Claprood et al., M. M. (2011). *Using the SPAC Microtremor Method to Identify 2D Effects and Evaluate 1D Shear-Wave Velocity Profile in Valleys*. American: Bulletin of the Seismological Society of American, Vol. 101, No. 2, pp. 826-847.
- Dardji, N. T., Villemin, & J, P. R. (1994). *Paleostresses And Strike-Slip Movement: The Cimandiri Fault Zone, West Java , Indonesia, J. Southeast Asian Earth Sci.,: Southeast Asian Earth Sci.,*.
- Daryono, M. R. (2016). *Paleoseismology Tropis Indonesia: Dengan Studi Kasus Di Sesar Sumatra, Sesar Palukoro-*

- Matano, Dan Sesar Lembang. *Disertasi Program Doktor*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Dentith *et al.*, M. S. (2014). *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. New York: Cambridge University Press.
- Dialosa *et al.*, K. . (2017). Analisis Tingkat Resiko Dampak Gempabumi di Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode DSHA dan Data Mikrotremor. *Geofisika Eksplorasi*, 2.
- Edwiza. (2008). Analisis Terhadap Intensitas dan Pecepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar. *Jurnal Geofisika*, Vol. 1, No. 29, hal, 73-76.
- Edwiza, D., & S. Novita. (2008). Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang menggunakan Metode Kanai. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas*, Vol. 2, No. 29, ISSN: 0854-8471.
- Hafid *et al.*, (2017). Percepatan Tanah Berdasarkan Data Mikroseismik Wisata Bantir Sumowono Semarang. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Herak, M. (2008). Model HVSR: a Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise. *Computers and Geosciences* , 34, 1514–1526.
- Hidayati, T. (2010). *Analisis Fisis Tingkat Kegiatan Gunung Bromo berdasarkan Spektral Tremor dan Hiposenter Gempa Gunungapi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kanai, K., & Tanaka, T. (1961). *On Microtremors VII*, Bull. Earth. Japan: Res. Inst., Universitas of Tokyo.
- Katili, J. A., & Soetadi, R. (1971). Neotectonics and seismic zones of Indonesia. *Proc. R.Sot* (hal. 39-45). N.Z: Bull., 9.

- Kementrian Agama RI. (1989). *Mushaf Al-Quran 30 Juz*. Bandung: C V. Gama Risalah Faris.
- Kukuh et al., R. B. (2017). Analisis tingkat resiko dampak gempabumi di Kabupaten Cilacap menggunakan metode DSHA dan data mikrotremor. *Geofisika Eksplorasi*, 1.
- Lay, T., & Wallace, T. C. (1995). *Modern Global Seismology*. California: Academic Press.
- Marliyani et al, G. a. (2016). Trenching as a method of paleoseismological data collection: improved techniques and applications. Dalam R. a. Anderson, *Applied Geology in California* (hal. (eds.), 2016, 1000 p.). California: Applied Geology in California: Anderson, R. and Ferriz, H.,.
- Marliyani, G. I. (2016). *Neotectonics of Java, Indonesia: Crustal deformation in the overriding plate of an orthogonal subduction system. Doctoral dissertation*. Arizona: Arizona State University.
- Munir. (2006). *Geologi Lingkungan*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Nakamura. (2000). *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application. The 12nd Word Conference on Earthquake Engineering*. Tokyo, Japan: Tokyo, Japan.
- Nakamura, y. (1989). A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface using Microtremor on The Ground Surface.
- Noor, D. (2011). *Geologi untuk Perencanaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Partono, W., M. Irsyam, S.P.R. Wardani, & S. Maarif. (2015). Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota



- Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik. *Jurnal Teknik Universitas Diponegoro*, ISSN 0852-1697. Semarang.
- Poedjoprajitno, S., J. Wahyudiono, & A. Cita. 2008. *Reaktivitas Sesar Kaligarang Semarang*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3, No. 3, halaman 129-138.
- Poedjoprajitno, S., J. Wahyudiono, & A. Cita. et al. (2008). *Reaktivitas Sesar Kaligarang Semarang*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3, No. 3, halaman 129-138.
- Prabowo, Urip Nurwijayanto. (2018). *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum di Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah untuk Memetakan Resiko Bencana Gempabumi*. Pemalang: Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.
- Purwanti, Erika. (2016). *Analisis Tingkat Resiko dari Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) Berdasarkan Data Mikroseismik di Sekitar Jalur Sesar Opak Kabupaten Bantul Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- PUSGEN, T. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Putra et al., R. J. (2012). Seismic Hazard Analysis for Indonesia. *Journal of Natural Disaster Science*. *Journal of Natural Disaster Science*, Vol. 33, No. 2, Page 59-70.
- Putri, A., Purwanto, M. S., & Widodo, A. (2017). Identifikasi Percepatan Tanah Maksimum (Pga) dan Kerentanan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor I Jalur Sesar Kendeng. *Jurnal nasional*, 108.
- PVMBG. (2010). *Peta Kawasan Rawan Bencana Gerakan Tanah Kota Semarang*. Bandung : PVMBG.

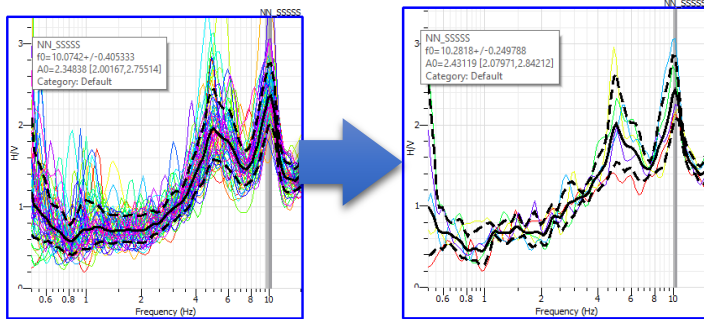
- Reynolds, M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Saka, B. G. (2018). Inversi HVSr (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio*) Gunung Lumpur Bledug Kuwu, Grobogan, Jawa Tengah. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 20.
- Setyadji, B. M. (1997). Analysis of GPS measurement in West-Java, Indonesia. *Ann. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ*, 40, B-1, 27-33.
- Soehami *et al.* (2006). Peta Seismotektonik Daerah Yogyakarta-Semarang, skala 1:450.000.
- Soetardjo, *et al.* (1985). Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering. V.
- Siswowidjoyo, S. (1996). *Aktivitas Vulkanik dengan Letusan Gunungapi*. Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Sitorus *et al*, N. P. (2017). Analisis Nilai Frekuensi Natural dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSr. *Jurnal Geosaintek*, 91.
- Sulistiawan, H. (2016). *Analisis Seismic Hazard Berdasarkan Data Peak Ground Acceleration (Pga) Dan Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Mikroseismik Di Daerah Kampus Unnes Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang*. Semarang: Kampus Unnes Sekaran, Gunungpati.
- Sunarjo *et al*, M. T. (2012). Gempabumi Indonesia. Jakarta: Indonesia termasuk daerah kegempaan aktif dimana selama tahun 1976-2006 sudah terjadi 3.486 gempabumi dengan magnitudo lebih dari 6,0 SR. Penelitian Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

- Supartoyo. (2016). *Active Faults and Destructive Earthquake Epicenter Distribution Map of Indonesia*.
- Supartoyo, E. T., Putranto, Djadja, & et al. (2005). *Active Faults and Destructive Earthquake Epicenter Distribution Map of Indonesia*.
- Soetardjo, M. Untung, E.P. Arnold, R. Soetadi, E.K. Kertapati. 1985. Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering - SEASEE. Series on Seismology, Vol. V. Indonesia.
- Telford *et al.*, M. L. (1976). *Applied Geophysic*. Cambridge University Press.
- Thomson. (2006). *Geology of The Oceansa*. Utah: Brooks/Cole Publishing Company.
- Tim Geofisika UGM. (2013). *Parameter Gempabumi*. Yogyakarta: UGM.
- Wang, Z. (2006). *Understanding Seismic Hazard and Risk Assessments: An Example in the New Madrid Seismic Zone of the Central United States. Proceedings of the 8th U.S.. San Francisco, California, USA.: National Conference on Earthquake Engineering*.
- Wibowo et al., (2016). Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) dan Intensitas Gempabumi berdasarkan Data Gempabumi Terasa Tahun 1981 - 2014 di Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Journal of Applied Physics*. ISSN:2089-0133.Yogyakarta. Halaman 65
- Widodo. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Windu Partono, d. (2013). Aplikasi Metode HVSR pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang. *Jurnal MKTS*.

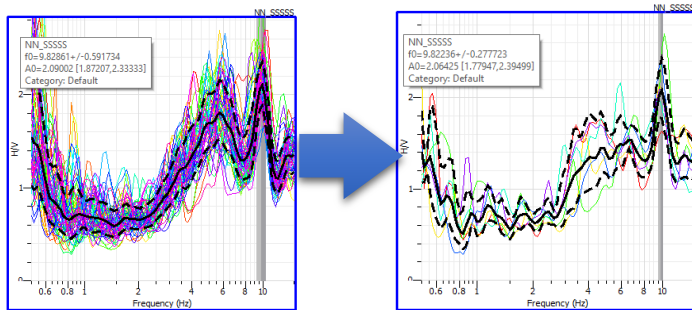
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Hasil Pengolahan Geopsi KURVA H/V AREA KAMPUS I UIN WALISONGO SEMARANG

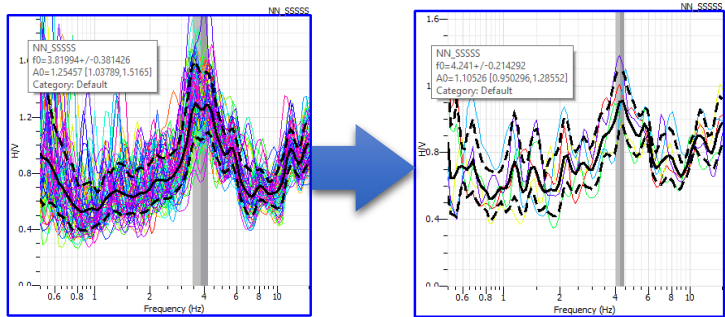
#### 1. Titik 1.1 (T1.1)



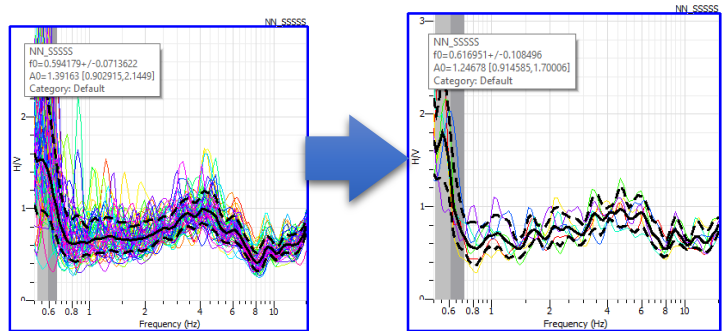
#### 2. Titik 1.2 (T1.2)



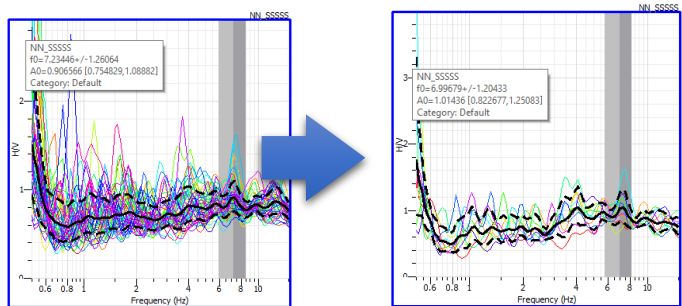
### 3. Titik 1.3 (T1.3)



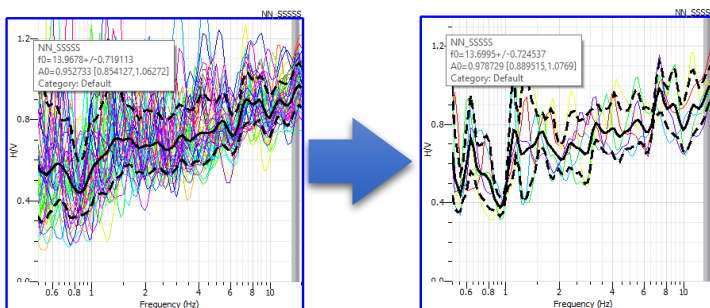
### 4. Titik 1.4 (T1.4)



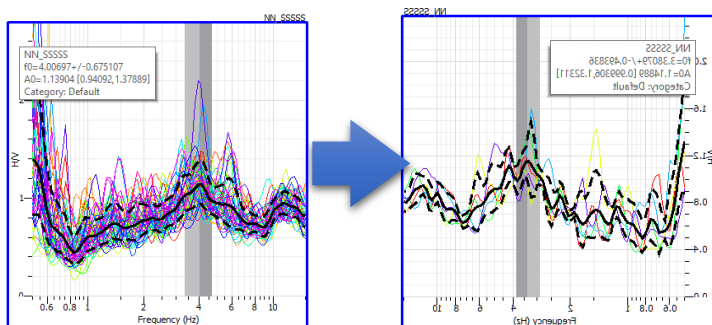
### 5. Titik 1.5 (T1.5)



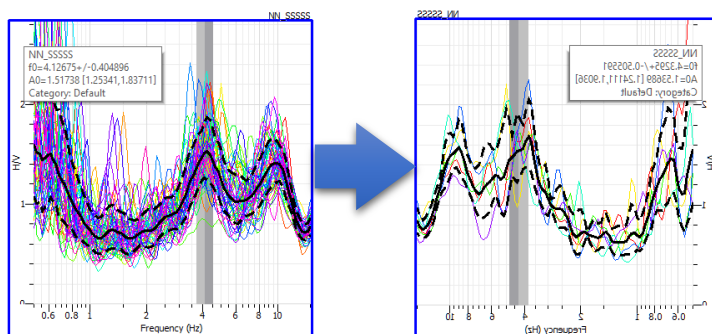
## 6. Titik 1.6 (T1.6)



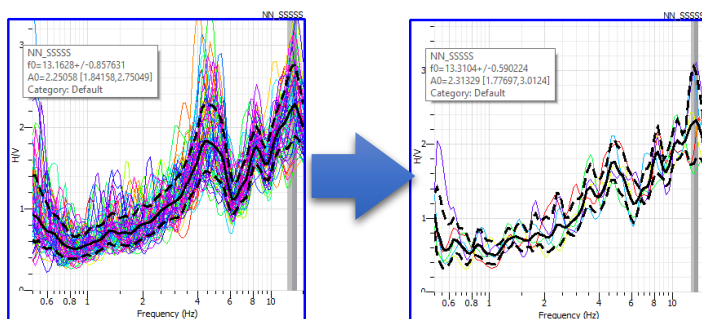
## 7. Titik 1.7 (T1.7)



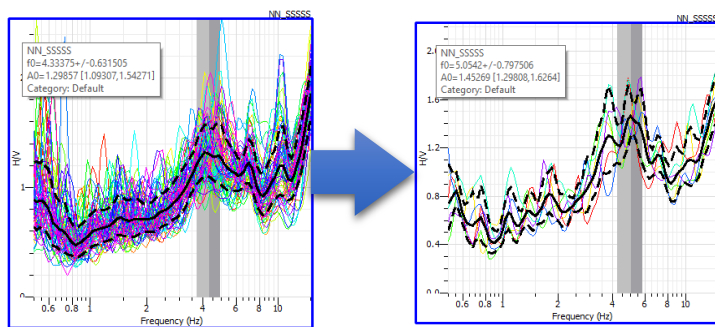
## 8. Titik 1.8 (T1.8)



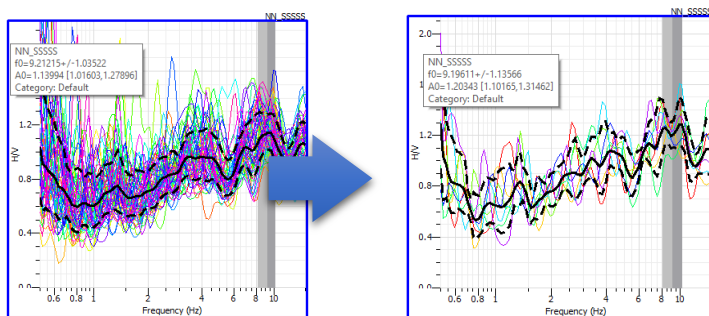
## 9. Titik 1.9 (T1.9)



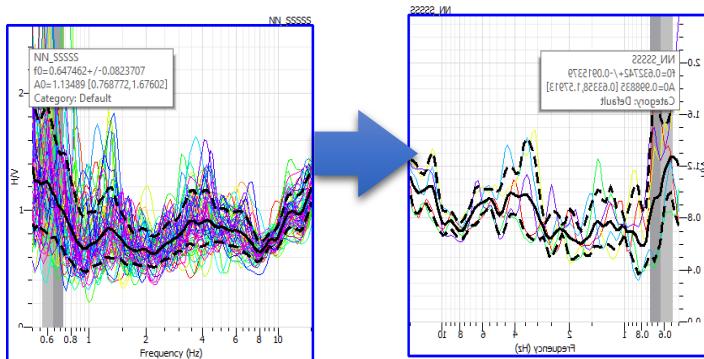
## 10. Titik 1.10 (T1.10)



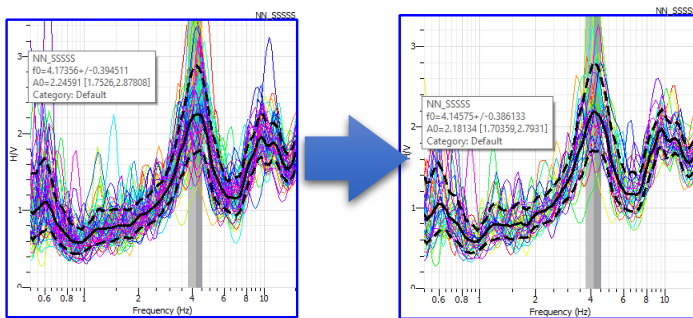
## 11. Titik 1.11 (T 1.11)



## 12. Titik 1.12 (T 1.12)



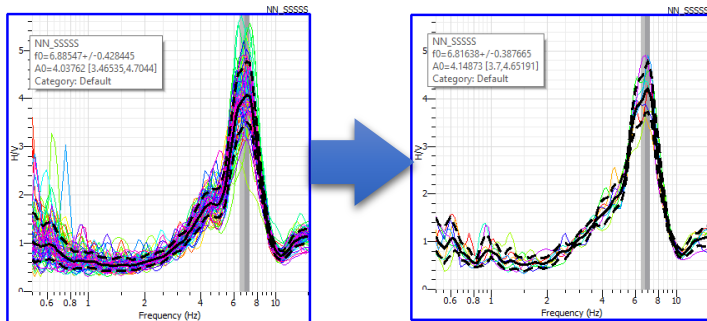
## 13. Titik 1.13 (T1.13)



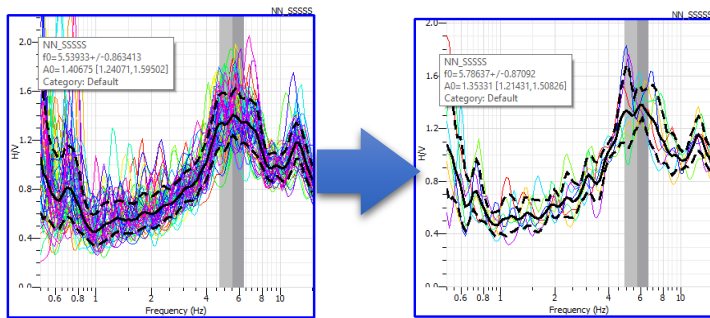


## KURVA H/V AREA KAMPUS II UIN WALISONGO SEMARANG

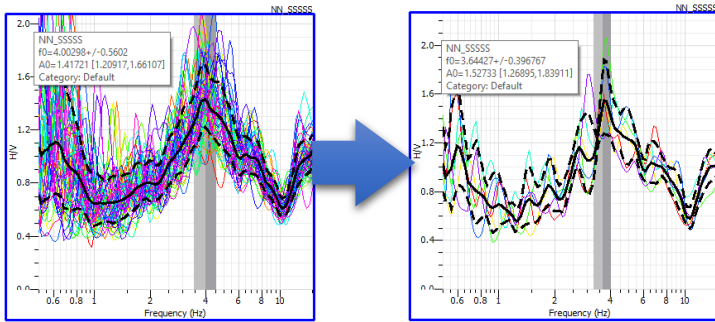
### 1. Titik 2.1 (T2.1)



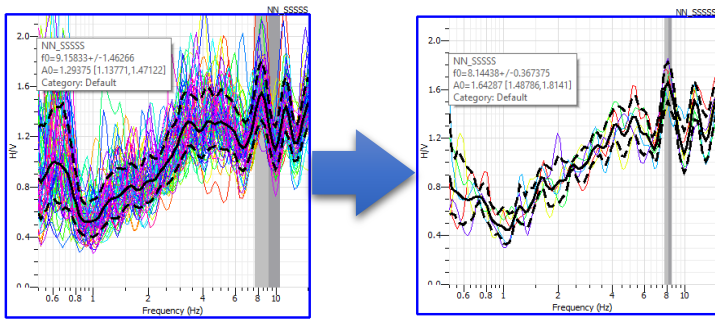
### 2. Titik 2.2 (T2.2)



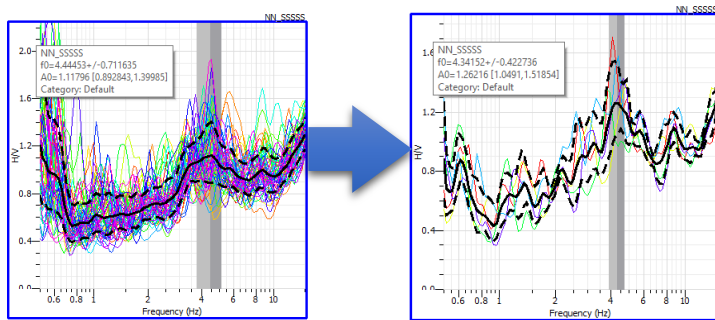
### 3. Titik 2.3 (T2.3)



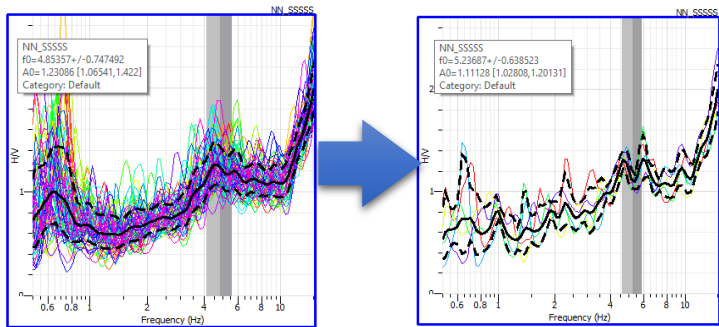
### 4. Titik 2.4 (T2.4)



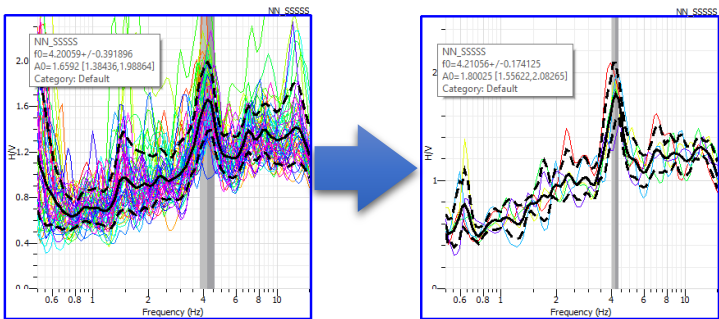
### 5. Titik 2.5 (T2.5)



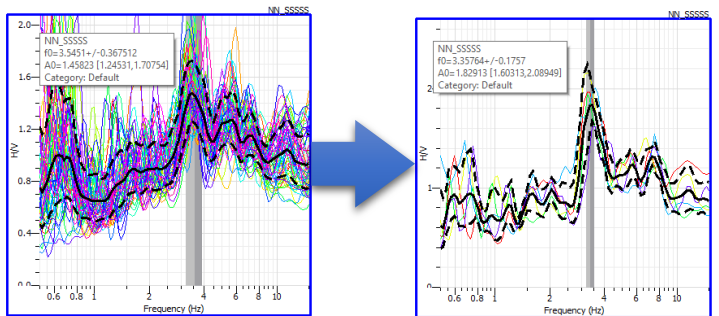
## 6. Titik 2.6 (T2.6)



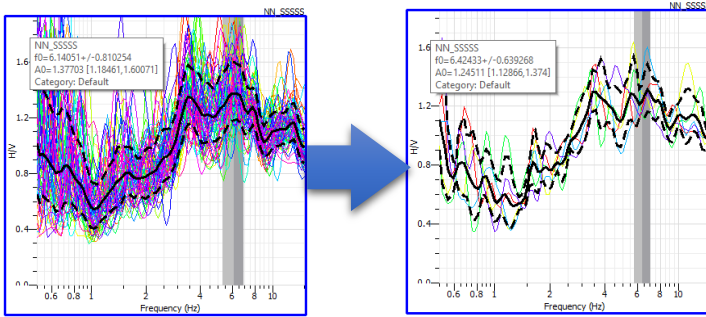
## 7. Titik 2.7 (T 2.7)



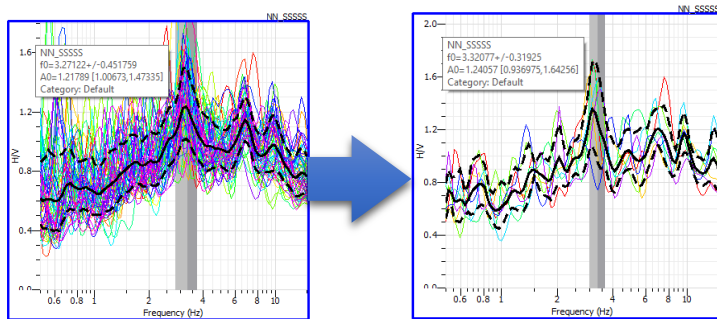
## 8. Titik 2.8 (T 2.8)



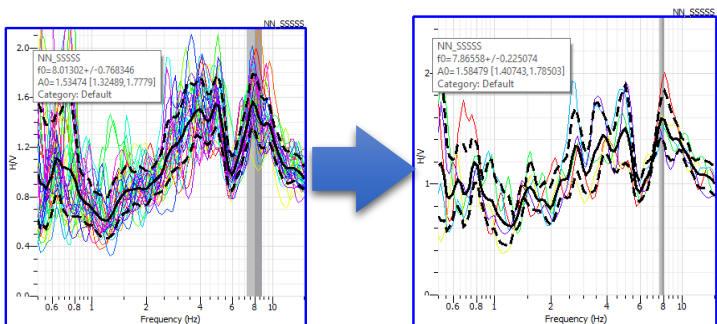
## 9. Titik 2.9 (T 2.9)



## 10. Titik 2.10 (T 2.10)

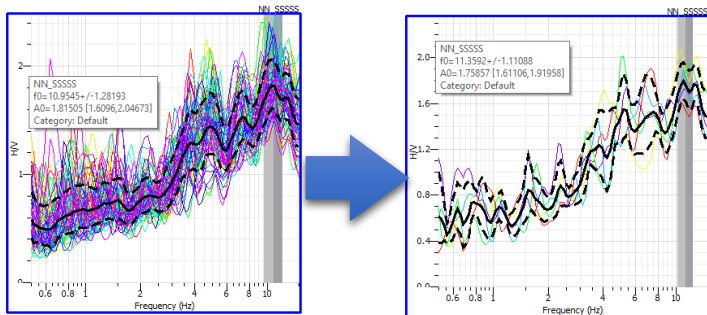


## 11. Titik 2.11 (T 2.11)

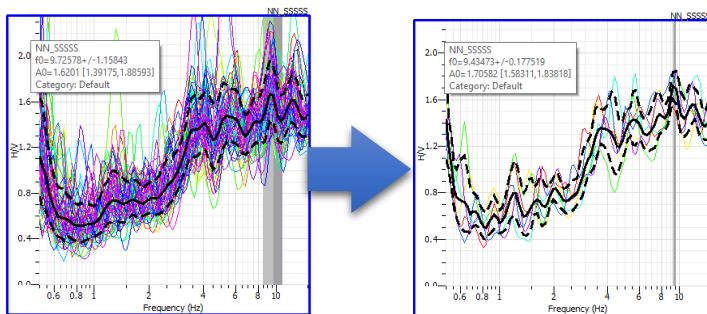


## KURVA H/V AREA KAMPUS III UIN WALISONGO SEMARANG

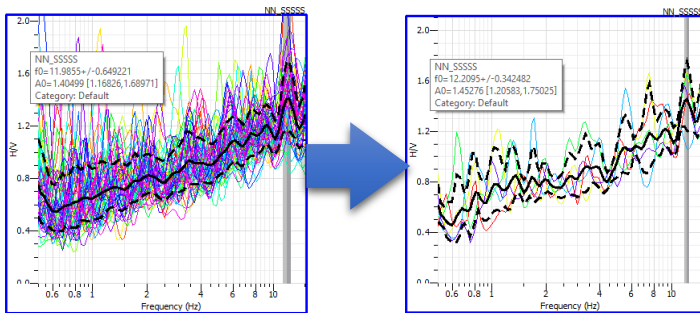
### 1. Titik 3.1 (T 3.1)



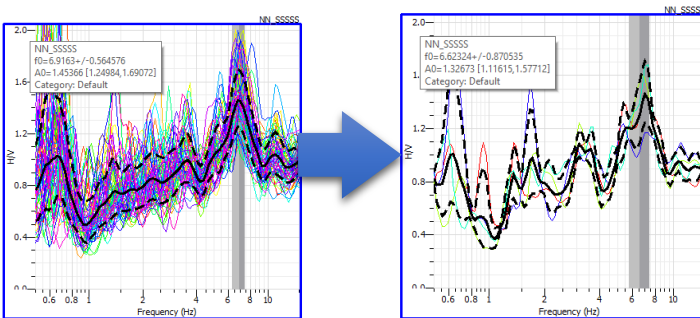
### 2. Titik 3.2 (T 3.2)



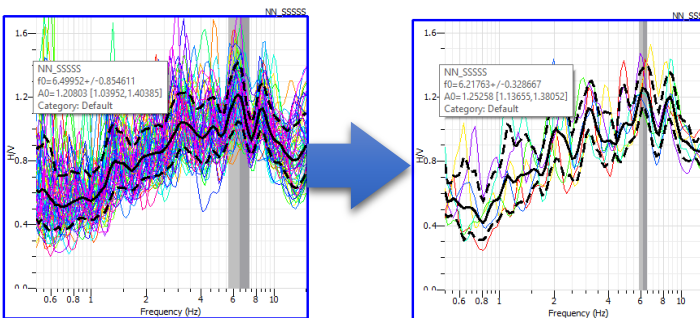
### 3. Titik 3.3 (T 3.3)



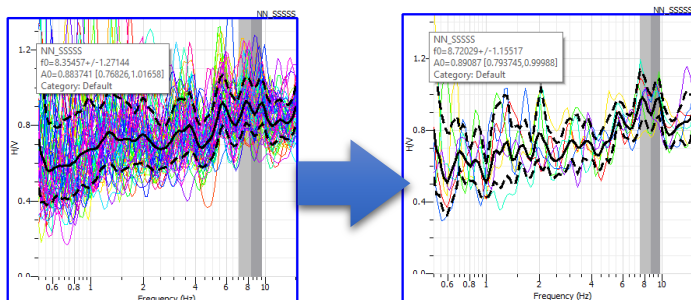
### 4. Titik 3.4 (T 3.4)



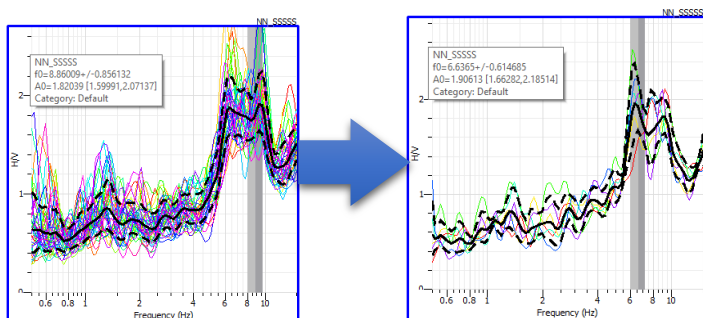
### 5. Titik 3.5 (T 3.5)



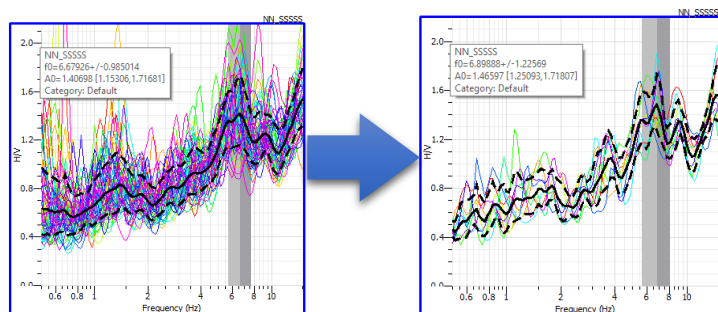
## 6. Titik 3.6 (T 3.6)



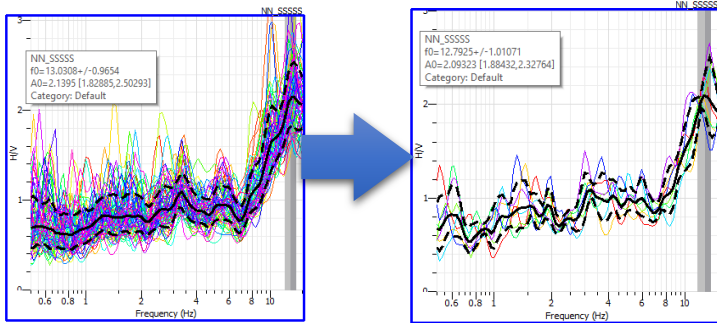
## 7. Titik 3.7 (T 3.7)



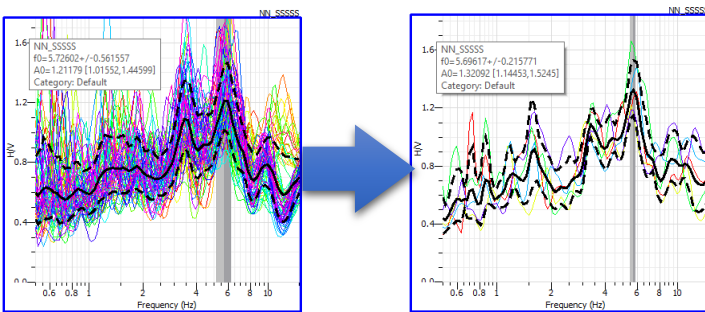
## 8. Titik 3.8 (T 3.8)



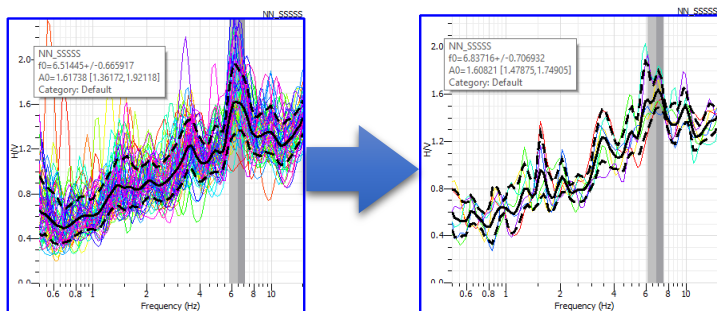
## 9. Titik 3.9 (T3.9)



## 10. Titik 3.10 (T 3.10)

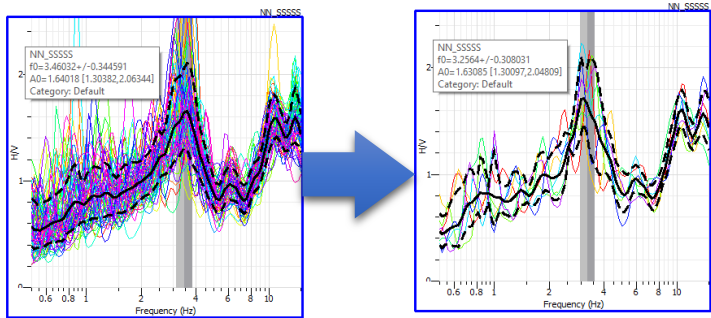


## 11. Titik 3.11 (T 3.11)

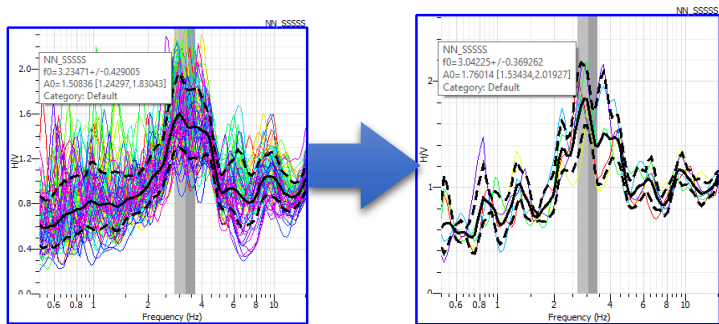




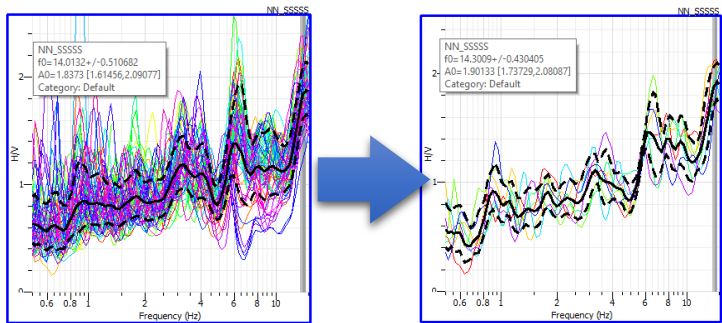
## 12. Titik 3.12 (T 3.12)



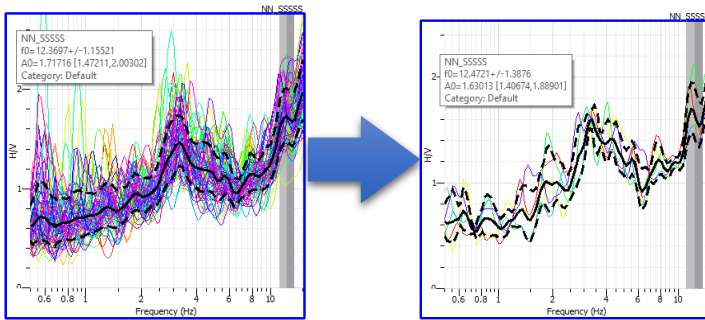
## 13. Titik 3.13 (T3.13)



## 14. Titik 3.14 (T 3.14)



## 15. Titik 3.15 (T 3.15)



### Lampiran 3. Akuisisi Data Mikrotremor



Pemasangan Alat Mikrotremor



Pengaturan IP pada Laptop



Perekaman Data Mikrotremor



Pengambilan Titik Akuisis



Pengolahan Data Mikrotremor

## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama : Sofatis Saada Agustina
2. Tempat, dan Tgl Lahir : Lamongan, 14 Agustus 1997
3. Alamat Rumah : Ds. Puter RT 03/RW 04,  
Kec. Kembangbahu, Kab.  
Lamongan  
HP : 081553925329  
E-mail : [sofatisagustina@gmail.com](mailto:sofatisagustina@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan

- d. Pendidikan Formal:
  - a. TK Pertiwi tahun 2001-2003
  - b. SDN Puter II tahun 2003 - 2009
  - c. SMPN 1 Tikung tahun 2009 - 2012
  - d. SMAN 2 Lamongan tahun 2012 - 2015
- e. Pendidikan Non- Formal:
  - a. Ma'had Al-Jamiah Walisongo Semarang  
Semarang, 08 Oktober 2019



**Sofatis Saada Agustina**  
NIM: 1508026029